



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



## Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

## Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

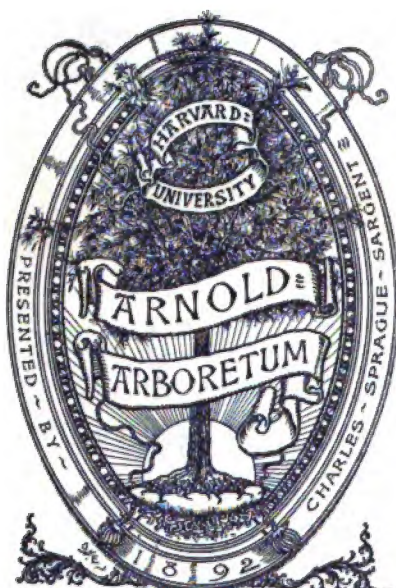
## Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.



Tab  
Sch 7.3

JP



DEPOSITED AT THE  
HARVARD FOREST  
1943

RETURNED TO J. P.  
MARCH, 1967

~~HF 1.31152~~



# Handbuch der Forstchemie.

---





# Handbuch

der

# Forstchemie

von

Dr. Ferdinand Schubert.

---

Mit 127 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

---

Leipzig:

J. A. Brodhaus.

1848.





nich  
mit  
an-  
uche  
aden

**Dr. [REDACTED]**

dem  
zu dür-  
Litera-  
handlung  
es Buches  
icht so bald

**SECRET**

der reinen Che-  
gegenwärtig keinen  
selben als Vorberei-  
führlicher gegeben wer-  
gestattet, während vieles  
werden braucht oder ganz  
anger das Studium größerer  
da so Manches seinen Platz,  
nicht einreihen ließ.

Schwermetallen bloß das Eisen und  
handelt, weil sie als wesentliche Be-  
und der Pflanzen so vielfach in Betracht  
nahme der übrigen Metalle hätte eine so ge-  
ng nöthig gemacht, daß diese Gedrängtheit



wahrscheinlich das Studium nur verleidet haben würde. Ich suchte daher, die wichtigsten Eigenschaften sämmtlicher Metalle und ihrer vorzüglichsten Verbindungen in einer übersichtlichen Einleitung zusammenzustellen. Demjenigen, welcher mehr sucht, als gerade genügt, wird das Studium dieser Abtheilung eine im Allgemeinen hinreichende Vorstellung von dem chemischen Verhalten der gesammten Metalle verschaffen. Die eigens beschriebenen Metalle sind indessen so behandelt, daß der Anfänger diese Abtheilung vorläufig wird überschlagen können, um sie für eine Zeit aufzusparen, welche ihm ein specielleres Studium erlaubt.

Bei der Ausarbeitung zog ich zahlreiche Werke zu Rathe. Ich will nur die vorzugsweise benutzten anführen, nämlich: Berzelius' Lehrbuch der Chemie; Egen, Constitution des Erdbkörpers; Hartig, Lehrbuch für Förster; Köhler, Technische Chemie; Krußsch, Bodenkunde; Lehmann, Theoretische Chemie; Liebig, Handbuch der organischen Chemie; Liebig, Agriculturchemie; Meyen, Pflanzenphysiologie; Mitscherlich, Lehrbuch der Chemie; Mulder, Physiologische Chemie; Pfeil, Forstliche Bodenkunde in dessen Kritischen Blättern, 17. Band; Schleiden, Wissenschaftliche Botanik; Schubarth, Technische Chemie; Schulz, Holzconservirung.

Was die im Eingange zusammengestellte Literatur betrifft, sollte bloß die Abtheilung „Forstchemie“ einigermaßen auf Vollständigkeit Anspruch haben, das Übrige dagegen nur mehr beispielsweise gelten.

Was ich gewollt, glaube ich begreiflich gemacht zu haben; was ich vermocht, wird die Zukunft lehren.

Alle Mittheilungen, welche mir die Gebrechen meines Versuches bezeichnen, werden mir, besonders wenn sie zugleich die Mittel zu ihrer Abhülfe bieten, im höchsten Grade willkommen sein.

Würzburg, im September 1847.

Der Verfasser.

# I n h a l t.

## Literatur.

	Seite		Seite
Allgemeine Forstliteratur.....	1	Bodenkunde.....	4
Reine und technische Chemie.....	—	Forstphysik.....	5
Forstchemie.....	3	Chemische Forsttechnologie und Forst-	
Agriculturchemie.....	—	benutzung.....	—
Pflanzenphysiologie.....	4		

## Allgemeiner Theil.

### Reine Chemie.

	Seite		Seite
Einleitung.....	9	Polymerie.....	39
<b>I. Allgemeine Chemie.</b>		Metamerie.....	40
Begriff von Chemie.....	10	Eintheilung d. chemischen Verbindungen.....	—
Bestandtheile der Körper.....	11	Säuren und Basen.....	41
Eintheilung derselben.....	12	Eintheilung der Säuren.....	42
Namen und Eintheilung der Elemente.....	—	Chlortheorie.....	43
Metalle.....	13	Begriff von Basis und Eintheilung der	
Nichtmetalle.....	—	Basen.....	44
Electrochemische Reihenfolge der Ele-		Salze.....	45
mente.....	—	Nomenclatur der chemischen Verbin-	
Chemische Eigenschaften der Körper.....	14	dungen.....	49
Chemische Verwandtschaft.....	—	<b>Chemische Operationen.</b>	53
Chemische Verbindung.....	16	A. Vorbereitung zum chemischen	
Chemische Zersetzung.....	17	Prozesse.....	54
Chemischer Prozeß.....	18	1. Zerkleinerung der Naturkörper.....	55
Gesetze der chemischen Verwandtschaft		2. Auflösung.....	55
und Verbindung.....	19	B. Einleitung der chemischen	
Stoichiometrie.....	25	Prozesse.....	61
Atomistische Theorie.....	26	1. Chemische Operationen ohne Tem-	
Chemische Zeichen.....	33	peraturerhöhung.....	—
Isomorphie.....	35	Chemische Auflösung.....	—
Dimorphie und Trimorphie.....	36	Präcipitiren.....	62
Amorphie.....	37	Reagiren.....	—
Isomerie.....	39		

wahrscheinlich das  
suchte daher, die wi  
und ihrer vorzüglich  
Einleitung zusammen  
als gerade genügt,  
im Allgemeinen hin  
Verhalten der gesa  
beschriebenen Metall  
fänger diese Abtheil.  
sie für eine Zeit au  
bium erlaubt.

Bei der Ausa  
Ich will nur die  
Vergelius' Lehr  
Ordkörpers; Har  
sche Chemie; Kr  
Chemie; Liebig  
Agriculturchemie  
Lehrbuch der C  
Forstliche Br  
Schleiden,  
Chemie; C

Was  
sollte bloß  
ständigst  
spielswa

was

sud  
M:

	Seite
der Dryde, Wirkung auf	
hierischen Organismus....	177
des Verhalten, an der Luft	
gewöhnlicher Temperatur ..	—
en bei höherer Temperatur	
melzbarkeit, Flüchtigkeit, Ber-	
a durch Erhitzen) .....	178
en zu Säuren, zu Schwe-	
italien .....	179
auf Pflanzenfarben, Aus-	
ang, Anwendung .....	180
metalle, Eintheilung und	
natur .....	181
ang .....	182
farbe, Auflöslichkeit .....	183
des Verhalten, Erkennung,	
ation .....	184
dung .....	185
alze, Vorkommen, Darstel-	
.....	—
.....	186
.....	187
.....	188
des Löslichkeitsverhältnisses	189
.....	190
ch, Wirkung auf den thieri-	
a Organismus .....	191
isches Verhalten, Krystallwaf-	
ermittlung .....	192
alten bei höherer Temperatur	
melzbarkeit) .....	193
chtigkeit .....	194
andtschaftstafel der Säuren	
if nassem Wege .....	—
andtschaftstafel der Basen auf	
assem Wege .....	196
halten der Salze zu anderen	
Salzen .....	197
halten der Salze zu Wasserstoff,	
Schwefel, Phosphor, Chlor und	
Kohle auf nassem Wege .....	—
Verhalten zu organischen Stoffen.	—
Verwandtschaftstafel auf trockenem	
Wege .....	198
Erkennung der Salze auf trockenem	
Wege .....	—
Erkennung der Salze auf nassem	
Wege .....	199
Ermittelung der Basis .....	—
Ermittelung der Säure eines Salzes	200
Anorganische Säuren .....	—
Organische Säuren .....	201
Allgemeine Wichtigkeit der Salze.	202
Chlorete, Darstellung .....	203
Eigenschaften .....	—
Erkennung .....	204
Jodete .....	—
Fluorete .....	205
Cyanete .....	206

	Seite
Carbonate .....	208
Sulphate .....	209
Nitrate .....	212
Phosphate .....	213
Borate .....	215
Silicate .....	216
Aluminate .....	219
Leichtmetalle .....	221
Kalium .....	—
Kali .....	—
Kalifalze .....	223
Schießpulver .....	225
Natrium, Natron .....	234
Natronfalze .....	235
Ammonium .....	238
Ammoniak .....	—
Ammoniakfalze .....	240
Baryum, Baryt .....	242
Barytfalze .....	242
Strontium .....	243
Calcium, Kalkerde .....	—
Kalkfalze .....	244
Magnesium, Bittererde .....	247
Bittererdesfalze .....	248
Aluminium, Thonerde .....	250
Thonerdesfalze .....	—
Schwermetalle .....	253
Eisen .....	—
Stahl .....	254
Verbindungen des Eisens .....	256
Mangan .....	263
Verbindungen des Mangans .....	—

Organische Chemie.

Einleitung .....	268
Analyse d. organischen Körper	271
Elementaranalyse .....	—
Organische Säuren .....	276
Essigsäure .....	278
Ameisensäure .....	279
Drallsäure .....	281
Weinstein säure .....	282
Traubensäure .....	284
Citronensäure .....	—
Äpfelsäure .....	285
Bernsteinsäure .....	287
Benzoesäure .....	288
Gerbsäure .....	289
Gallussäure .....	296
Organische Basen .....	299
Indifferente Stoffe .....	300
Pflanzen- oder Holzfaser .....	—
Schießbaumwolle .....	301
Stärkmehl .....	307
Gewöhnliches Stärkmehl .....	308



	Seite		Seite
<b>2. Chemische Operationen mit Anwen-</b>		<b>Schweflige Säure</b> .....	127
<b>dung der Wärme</b> .....	64	<b>Schwefelsäure</b> .....	128
Chemische Ofen .....	—	<b>Schwefelwasserstoff</b> .....	130
Weingeistlampe .....	69	<b>Schwefelkohlenstoff</b> .....	131
Ölthrohr.....	71	<b>Phosphor</b> .....	—
Sand-, Aschen-, Wasserbad u. .	72	<b>Phosphorsäure</b> .....	133
Digestion .....	73	<b>Phosphorwasserstoff</b> .....	134
Aufguß, Abkochung u. ....	74	<b>Bor, Borsäure</b> .....	135
Abdampfung .....	75	<b>Kiesel</b> .....	136
Trocknen .....	77	<b>Kieselsäure</b> .....	—
Destillation .....	78	<b>Salzbilder</b> .....	138
Gasbereitung .....	82	<b>Chlor</b> .....	139
Chemische Operationen auf trocke-		<b>Chlorwasserstoff- oder Salzsäure</b> ..	140
nem Wege .....	87	<b>Jod</b> .....	142
Rösten, Glühen .....	—	<b>Brom, Fluor</b> .....	143
Calcination, Cämentation, Dryda-		<b>Cyan</b> .....	144
tion, Reduction, Verknüpfen			
(Decrepitiren) .....	88	<b>Metalle</b> .....	145
Schmelzen .....	89	<b>Darstellung der Metalle</b> .....	146
Schmelztiegel .....	—	<b>Physikalische Eigenschaften, Un-</b>	
Trockene Destillation .....	91	<b>durchsichtigkeit, Glanz</b> .....	147
Sublimation .....	—	<b>Farbe, Geruch, Geschmack, Schwere,</b>	
Ritte und Beschläge.....	—	<b>Leitung der Electricität</b> .....	148
Brennmaterialien für chemische		<b>Magnetismus, catalytische Kraft</b> ..	149
Operationen .....	93	<b>Leitung der Wärme, Geschmeidig-</b>	
		<b>keit</b> .....	151
<b>C. Beendigung des chemischen</b>		<b>Härte, Klang, Schmelzbarkeit</b> ...	152
<b>Prozesses</b> .....	—	<b>Krystallform, Flüchtigkeit</b> .....	153
Decanthiren, Coliren .....	94	<b>Chemische Eigenschaften</b> .....	154
Filtriren .....	95	<b>Einteilung, Leichtmetalle, Schwer-</b>	
Stative .....	98	<b>metalle</b> .....	155
Das Reinigen der Gefäße .....	99	<b>Drydation der Metalle im Wasser</b>	
Gewichte bei chemischen Opera-		<b>und an der Luft</b> .....	156
tionen .....	100	<b>Anlaufen, Verbrennen der Metalle</b>	
		<b>Rosten der Metalle</b> .....	159
		<b>Verhalten zum Schwefel, zu den Ha-</b>	
<b>II. Specielle Chemie.</b>		<b>loiden und anorganischen Säuren</b> —	
<b>Anorganische Chemie.</b>		<b>Verhalten zu Salzsäure, verdünnter</b>	
<b>Nichtmetallische Grundstoffe</b> 101		<b>und concentrirter Schwefelsäure</b> 160	
Sauerstoff .....	102	<b>Verhalten zu Salpetersäure</b> .....	161
Verbrennung (phlogistisches u. anti-		<b>Verhalten zu Königswasser</b> .....	162
phlogistisches System) .....	103	<b>Verhalten zu Fluorwasserstoffsäure</b>	
Die Feuerflamme .....	104	<b>und zu organischen Säuren</b> ....	163
Selbstentzündung .....	106	<b>Verhalten zu Ketten</b> .....	164
Wasserstoff.....	—	<b>Verhalten zu Alkalien</b> .....	165
Knallgas .....	108	<b>Verhalten zu Salzen auf nassem</b>	
Wasser (Arten desselben) .....	—	<b>Wege</b> .....	166
Stickstoff .....	110	<b>Verhalten zu Salzen auf trockenem</b>	
Atmosphärische Luft .....	113	<b>Wege</b> .....	168
Stickstoffoxydul .....	116	<b>Verbindungen der Metalle unter</b>	
Stickstoffoxyd .....	—	<b>sich (Legirungen)</b> .....	—
Salpetrige Säure .....	—	<b>Vorkommen, Darstellung, Scheidung</b>	
Salpetersäure .....	117	<b>Eigenschaften</b> .....	170
Untersalpetersäure .....	120		
Kohlenstoff.....	—	<b>Dryde, Vorkommen</b> .....	171
Kohlenoxydgas .....	122	<b>Darstellung</b> .....	172
Kohlensäure .....	—	<b>Farbe der Dryde</b> .....	173
Leichtes Kohlenwasserstoffgas...	124	<b>Form derselben</b> .....	175
Schweres Kohlenwasserstoffgas...	—	<b>Verhalten der Dryde zu Electrici-</b>	
Schwefel .....	125	<b>tät und Magnetismus</b> .....	176
		<b>Auflöslichkeit, Geschmack derselben</b> —	

	Seite		Seite
Geruch der Dryde, Wirkung auf den thierischen Organismus	177	Carbonate	208
Chemisches Verhalten, an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur	—	Sulphate	209
Verhalten bei höherer Temperatur (Schmelzbarkeit, Flüchtigkeit, Zersetzung durch Erhitzen)	178	Nitrate	212
Verhalten zu Säuren, zu Schwefel, Alkalien	179	Phosphate	213
Reaction auf Pflanzenfarben, Ausmittelung, Anwendung	180	Borate	215
Schwefelmetalle, Eintheilung und Nomenclatur	181	Silicate	216
Darstellung	182	Aluminate	219
Form, Farbe, Löslichkeit	183	Leichtmetalle	221
Chemisches Verhalten, Erkennung, Reduction	184	Kalium	—
Anwendung	185	Kali	—
Metallsalze, Vorkommen, Darstellung	—	Kalifalze	223
Form	186	Schießpulver	225
Farbe	187	Natrium, Natron	234
Löslichkeit	188	Natronsalze	235
Tabelle des Löslichkeitsverhältnisses	189	Ammonium	238
Geschmack	190	Ammoniak	—
Geruch, Wirkung auf den thierischen Organismus	191	Ammoniaksalze	240
Chemisches Verhalten, Krystallwasser, Verwitterung	192	Baryum, Baryt	242
Verhalten bei höherer Temperatur (Schmelzbarkeit)	193	Barytsalze	242
Flüchtigkeit	194	Strontium	243
Verwandtschaftstafel der Säuren auf nassem Wege	—	Calcium, Kalkerde	—
Verwandtschaftstafel der Basen auf nassem Wege	196	Kalksalze	244
Verhalten der Salze zu anderen Salzen	197	Magnesium, Bittererde	247
Verhalten der Salze zu Wasserstoff, Schwefel, Phosphor, Chlor und Kohle auf nassem Wege	—	Bittererdesalze	248
Verhalten zu organischen Stoffen	—	Aluminium, Thonerde	250
Verwandtschaftstafel auf trockenem Wege	198	Thonerdesalze	—
Erkennung der Salze auf trockenem Wege	—	Schwermetalle	253
Erkennung der Salze auf nassem Wege	199	Eisen	—
Ermittelung der Basis	—	Stahl	254
Ermittelung der Säure eines Salzes	200	Verbindungen des Eisens	256
Anorganische Säuren	—	Mangan	263
Organische Säuren	201	Verbindungen des Mangans	—
Allgemeine Wichtigkeit der Salze	202	Organische Chemie	
Chlorete, Darstellung	203	Einleitung	268
Eigenschaften	—	Analyse d. organischen Körper	271
Erkennung	204	Elementaranalyse	—
Jodete	—	Organische Säuren	276
Fluorete	205	Essigsäure	278
Cyanete	206	Ameisensäure	279
		Drafsäure	281
		Weinstein säure	282
		Traubensäure	284
		Citronensäure	—
		Äpfelsäure	285
		Bernsteinsäure	287
		Benzoesäure	288
		Gerbsäure	289
		Gallussäure	296
		Organische Basen	299
		Indifferenten Stoffe	300
		Pflanzen- oder Holzfaser	—
		Schießbaumwolle	301
		Stärke	307
		Gewöhnliches Stärkemehl	308

Tab  
Sch 7.3

JP



RETURNED TO J. P.  
MARCH, 1967

# X

site  
208  
209  
212  
213  
215  
216  
219

221

—

223

225

234

235

238

240

242

242

243

—

244

247

248

250

—

253

—

254

256

263

—

268

on Körper 271

—

276

278

279

281

282

284



\_\_\_\_\_

# Handbuch der Forstchemie.

---



Handbuch

der

**F o r s t h e m i e**

von

**Dr. Ferdinand Schubert.**

---

Mit 127 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

---

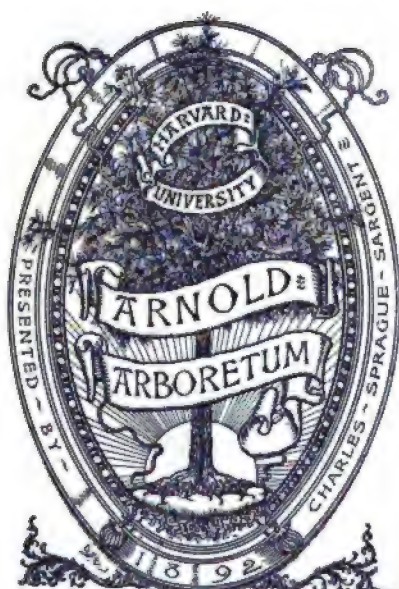
Leipzig:

**F. A. Brodhaus.**

1848.

Tab  
Sch 7.3

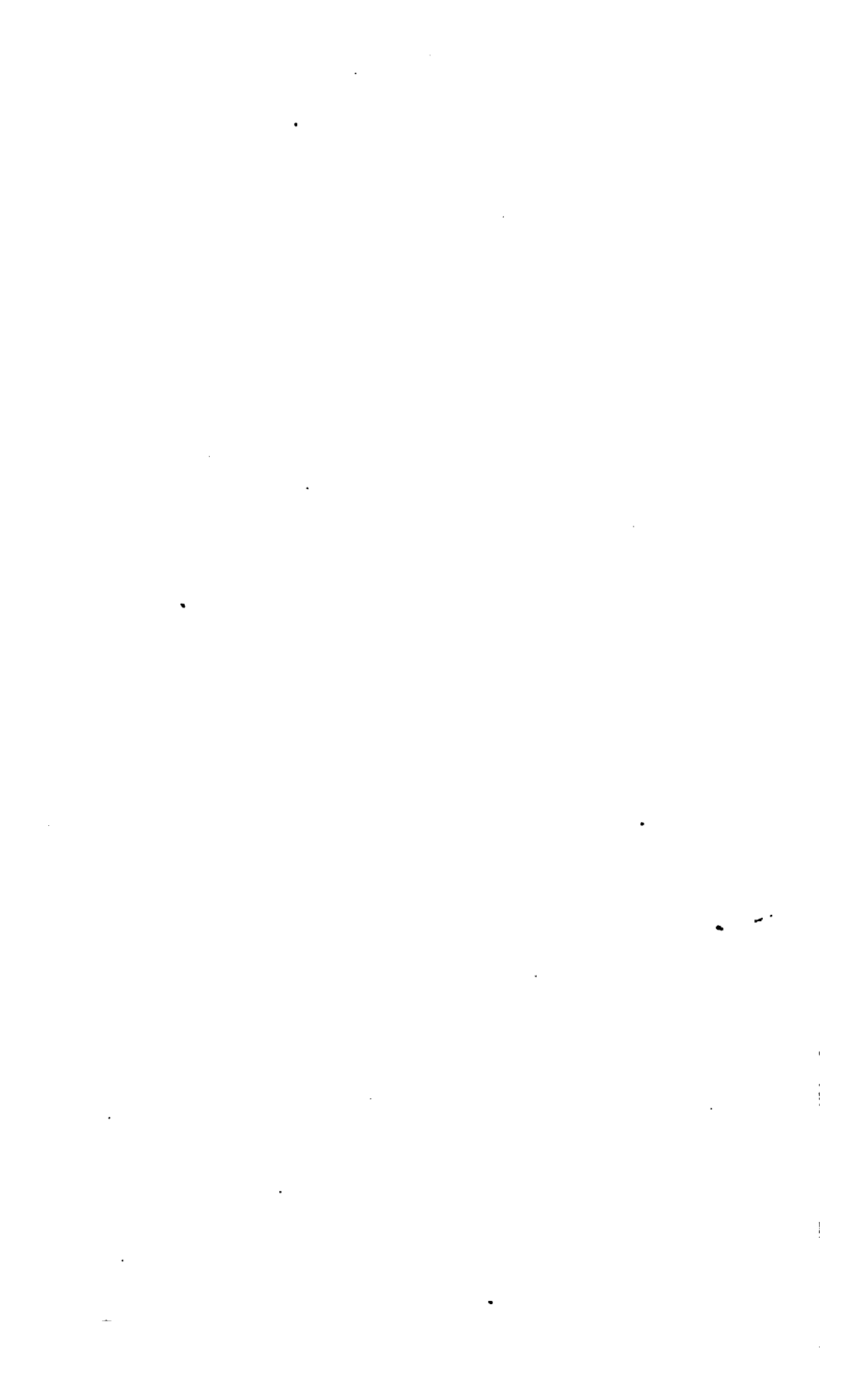
JP



DEPOSITED AT THE  
HARVARD HERBARIUM  
1947

RETURNED TO J. P.  
MARCH, 1967

~~HF 1.51152~~



# Handbuch der Forstchemie.

---





# Handbuch

der

# F o r s t c h e m i e

von

Dr. Ferdinand Shubert.

---

Mit 127 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

---

Leipzig:

J. A. B r o d h a u s .

1848.



## V o r w o r t.

---

Es sind bereits mehrere Jahre, daß die Aufforderung an mich erging, den Forstcandidaten der hiesigen Hochschule Chemie mit Anwendung auf Forstwissenschaft vorzutragen. Durch den Mangel der Literatur an einem genügenden Lehr- oder Handbuche dieses Gegenstandes sah ich mich genöthigt, mir den Zeitfaden für meine Vorlesungen selbst zu schaffen.

Dem Wunsche meiner Zuhörer, diese Vorlesungen dem Druck zu übergeben, glaubte ich um so eher entsprechen zu dürfen, als bei dem beträchtlichen Aufwande an Zeit und Literatur, welchen eine solche ganz neu aufzunehmende Behandlung des chemischen Stoffes erfordert, die Abfassung eines Buches dieser Art von irgend einer andern Seite her sich nicht so bald erwarten ließ.

Der allgemeine Theil enthält einen Grundriß der reinen Chemie, obgleich die Literatur an solchen allerdings gegenwärtig keinen Mangel hat, weil bei der Ausarbeitung desselben als Vorbereitung für ein specielles Fach Manches ausführlicher gegeben werden muß, als ein kurzer Grundriß gestattet, während vieles Andere nur übersichtlich erwähnt zu werden braucht oder ganz wegbleiben kann, was dem Anfänger das Studium größerer Werke erschwert. Auch fand da so Manches seinen Platz, was sich im speciellen Theile nicht einreihen ließ.

Hier wird von den Schwermetallen bloß das Eisen und Mangan besonders abgehandelt, weil sie als wesentliche Bestandtheile des Bodens und der Pflanzen so vielfach in Betracht kommen. Die Aufnahme der übrigen Metalle hätte eine so gedrängte Beschreibung nöthig gemacht, daß diese Gedrängtheit

- Kreosot und Eupion**, von **Moll**; Dingler's polyt. Journ. 63. S. 133.
- Wiegmann sen., H. F.**, Ueber die Entstehung, Bildung u. das Wesen des Torfs; gekrönte Preisschrift. Braunschweig, Vieweg. 1837. 15 Rgr. oder 54 Kr.
- Erzeugung und Benützung des Torfs**, (Oekonom. Neuigkeiten 1840 S. 832.)
- Ueber den Ursprung der Stein- und Braunkohlen.** (Oesterreichische Zeitschrift 1840 S. 568.)
- Wied, F. G.**, Torfbüchlein, oder Eigenschaften, Gewinnung und Benützung des Torfs. Mit Abbildungen von Torfpresen, Vertrocknungsöfen, Trockenvorrichtungen zc. Chemnitz 1839. 11 1/4 Rgr. oder 40 Kr.
- Rosier, F. C.**, Torfbetrieb und Torfbenützung, aus eigenen Erfahrungen dargestellt. Nürnberg, Riegel und Biefner. 1840. 1 Thlr. oder 1 fl. 48 Kr.
- Walz, C. F.**, Untersuchung einiger Braunkohlenarten der Rheinpfalz, in Herberger's allgem. Zeitschrift für die technischen Gewerbe, 2. Bd. 6. Heft. 1845. S. 194—198.
- Baumfäste. Sponel, C. F. v.**, Ueber den Anbau und die forstliche Behandlung des wein- und spißblättrigen Ahorns mit Rücksicht auf Zuckerbenützung. Mannheim, Schwann und Gös. 1811. 12 1/2 Rgr. oder 36 Kr.
- Paschwitz, J. M. v.**, Der Zuckerahorn. Forstbotanisch-technologische Skizze über Kultur, Naturalisation und Benützung dieses Forstbaumes, besonders in Beziehung auf Zuckerfabrikation. Erlangen, Bläsig. 1837. 2 1/2 Rgr. oder 9 Kr.
- Bereitung von Champagnerwein von Birkenwasser in Rußland.** (Oekonom. Neuigkeiten 1822. S. 488.)
- Ueber Gewinnung und Gebrauch des Birkenfasses.** (Russ. Forstz. 1833. 1. Heft.)
- Benützung des Birkenfasses auf Zucker.** (Oekonom. Neuigl. 1838. S. 168.)
- Ueber Harz- und Theergewinnung in den Haidegegenden um Bordeaux.** (Oekonom. Neuigkeiten 1837.)

## Allgemeiner Theil.

### Reine Chemie.

#### Einleitung.

Die Naturwissenschaften beschäftigen sich mit den durch die Sinne wahrnehmbaren Eigenschaften der Körper. Die Betrachtung dieser Eigenschaften kann auf verschiedene Weise stattfinden. Bezieht sie sich blos auf diejenigen Eigenschaften, wodurch sich gewisse Naturkörper einander ähnlich sind, und auf die Classification derselben nach dieser Aehnlichkeit, so entsteht die Naturgeschichte.

Hat sie die allgemeinen Eigenschaften der Naturkörper und deren Ursachen zum Gegenstande, so heißt sie Physik.

Handelt sie dagegen von den besondern Eigenschaften, wodurch sich das Wesen der einzelnen Körper beurfundet, so bildet sie die Chemie.

Die Chemie wird je nach der Art der Behandlung ihres Gegenstandes auf verschiedene Weise eingetheilt. Eintheilung  
der Chemie.

Man nennt sie *reine Chemie*, wenn sie ausschließlich die wissenschaftliche Erweiterung ihres Gegenstandes zum Zwecke hat, *angewandete Chemie*, wenn sie ihre Erfahrungsfäge auf die Vervollkommenung anderer Wissenschaften bezieht.

Man unterscheidet *theoretische* und *praktische* oder *Experimental-Chemie*, je nach der Art ihres Vortrags als Lehrgegenstand, *synthetische* und *analytische Chemie*, je nachdem sie vorzugsweise auf Herstellung oder auf Zerlegung chemischer Verbindungen ausgeht.

Sie heißt *allgemeine Chemie*, wenn sie sich mit den allgemeinen Gesetzen der Verbindung und Trennung der Körper in ihre Bestandtheile, mit ihrer Eintheilung, Nomenclatur und den chemischen Operationen beschäftigt.

Die *spezielle Chemie* aber handelt von den einzelnen Stoffen und ihren Verbindungen insbesondere. Sie heißt:

*Anorganische Chemie*, wenn sie sich mit den im Mineralreiche vorkommenden Körpern beschäftigt.

Die organische Chemie dagegen hat die Erzeugnisse der Lebenskraft und die daraus dargestellten Verbindungen zum Gegenstande. Sie wird wieder abgetheilt in

**Zoochemie**, oder die Chemie der Thierstoffe, und

**Phytochemie**, oder die Chemie der Pflanzentkörper.

Beide lassen sich ferner wieder eintheilen in angewendete und reine Thier- und Pflanzenchemie, je nachdem sie Anwendung auf andere Wissenschaften finden oder nicht. So wird die Pflanzenchemie zur **Agriculturchemie**, wenn sie die chemische Erklärung des Vegetationsprocesses auf den Ackerbau bezieht.

Die Forstchemie beschäftigt sich mit der Untersuchung der Bestandtheile und dem Lebensprozeß der Forstpflanzen, sowie mit der chemischen Begründung ihrer Cultur und der Darstellung der im Bereiche des Forstmannes aus den Holzgewächsen zu erzielenden Kunstprodukte.

Bedarf es auch zur chemischen Begründung der Forstwissenschaft nur einzelner Theile der speziellen Chemie, so setzen doch diese einestheils die allgemeinen Gesetze der Chemie voraus, andererseits ist zur vollkommenen Erfassung der auf das Forstfach bezüglichen Theile der speziellen Chemie auch die wenigstens übersichtliche Kenntniß der übrigen unentbehrlich. Es muß demnach dem Vortrage über Forstchemie sowohl der allgemeine, als spezielle Theil der reinen Chemie vorangeschickt werden, wenn er in einem dem Systeme der Forstwissenschaft entsprechenden Zusammenhange gegeben werden soll.

## I. Allgemeine Chemie.

Begriff von  
Chemie.

Die Chemie ist, wie bereits angedeutet worden, die Wissenschaft von den Eigenschaften der Körper, welche sich auf die Verschiedenartigkeit ihres Wesens beziehen. Diese Eigenschaften bestehen in Erscheinungen, welche mit der Aenderung des Wesens der Körper auftreten, sie ergeben sich nicht unmittelbar, sondern erst nach Herbeiführung gewisser Umstände, während die allgemeinen Eigenschaften der Körper von den Sinnen unmittelbar wahrgenommen werden. Letztere ändern sich für die einzelnen Körper mehr der Quantität, erstere aber der Qualität nach. In Bezug auf die Wissenschaften, welche sich mit den Ursachen dieser beiden Arten von Eigenschaften beschäftigen, heißen erstere die **chemischen**, letztere die **physikalischen Eigenschaften**. Sind auch zur Erkennung der Natur oder des Wesens eines Körpers die chemischen Eigenschaften allein entscheidend, so werden doch dieselben durch die physikalischen Eigenschaften häufig modificirt und die Erkennung der Körper durch die Vergleichung dieser Eigenschaften unterstützt und erleichtert. Man läßt daher bei Beschreibung der Körper den chemischen Eigenschaften jedesmal die physikalischen vorangehen, und es ist deshalb die Physik als eine Vorbereitungs- oder Vorwissenschaft für die Chemie zu be-

trachten, obgleich auch diese wieder in vielen Beziehungen nicht ohne chemische Erklärungen bestehen könnten.

Zur Erforschung des Wesens eines Körpers, oder um zu erfahren, was er ist, oder woraus er besteht, sucht man in sein Inneres zu dringen, man zertheilt oder zerlegt ihn daher. Man findet die dadurch erhaltenen Theile entweder blos ihrer Form und Größe nach verschieden, ihrem Wesen nach aber dem Ganzen, woraus sie entstanden, und demnach auch unter sich gleich; sie heißen die **gleichartigen Theile** eines Körpers — oder sie sind in ihren wesentlichen Eigenschaften weder einander selbst, noch dem Ganzen gleich und heißen dann **ungleichartige Theile** oder die **Bestandtheile** des Körpers. Man erhält die gleichartigen Theile eines Körpers durch Einwirkung auf die Cohäsionskraft oder durch Aufhebung des Zusammenhangs mittelst mechanischer Einwirkung, die letzteren aber durch Einwirkung auf die chemischen Kräfte, durch Aufhebung der chemischen Anziehung. Die Verbindung der gleichartigen Körper wird durch die Cohäsionskraft vermittelt, die der ungleichartigen durch Erregung der chemischen Anziehung.

Bestandtheile  
des Körpers.

Zerbricht man z. B. einen Kry stall von schwefelsaurem Eisenorydul in Stücke, so können die einzelnen Stücke unter einander der Form, müssen aber vom Ganzen der Größe nach verschieden sein, dem Wesen nach aber sind sie gleich; sie bestehen wie das Ganze, aus dem sie entstanden, aus schwefelsaurem Eisenorydul. Die kleineren Stücke sind die gleichartigen Theile des großen. Zerlegt man den Körper aber durch Einwirkung auf die chemische Anziehung seiner Theile, so erhält man zwei neue Körper, welche sich von einander selbst und dem Ganzen, woraus sie entstanden, wesentlich unterscheiden; man erhält Schwefelsäure und Eisenorydul durch Zerlegung des schwefelsauren Eisenoryduls, welche sich auch schon durch ihre physikalischen Eigenschaften unterscheiden. Die Schwefelsäure ist eine Flüssigkeit, das Eisenorydul ein fester, in Wasser unlöslicher, das schwefelsaure Eisenorydul aber ein fester, in Wasser leicht löslicher Körper. Um die gleichartigen Theile, die kleinen Stücke des zerbrochenen Kry stalls, wieder mit einander zu verbinden, zertheilt man sie noch mehr; man löst sie in Wasser und entzieht dann durch Abdampfen das Lösungsmittel, das Wasser; so erhält dadurch wieder die Cohäsionskraft über die Vertheilung, über die Löslichkeit das Uebergewicht, und man bekommt wieder einen Kry stall. Sind aber diese gleichartigen Theile noch nicht vorhanden, so muß der Körper erst durch chemische Anziehung entstehen, welche erfolgt, wenn die ungleichartigen Stoffe: Schwefelsäure und Eisenorydul, in unmittelbare Berührung kommen, während diese Anziehung nicht erfolgen würde, wenn andere Körper vorhanden wären, welche sie aufheben, z. B. Kali.

Insofern die Natur eines Körpers nur dann mit Sicherheit erkannt werden kann, wenn er als Bestandtheil eines zusammengesetzten Körpers aus der Verbindung heraustritt, oder indem er zum Bestandtheil eines zusammengesetzten Körpers gemacht wird — mit einem andern Körper eine Verbindung eingeht — so betrachtet die Chemie alle Körper als Bestandtheile von Verbindungen.



Einteilung  
der Bestand-  
theile der  
Körper.

Die Bestandtheile, welche man bei der Zerlegung der Körper erhält, können oft selbst wieder in mehrere Bestandtheile getheilt werden. Man nennt die Bestandtheile, welche man bei der ersten Zerlegung erhält, die näheren, die bei weiterer Zerlegung der letzteren erhaltenen aber die entfernteren Bestandtheile. Durch fortgesetztes Zerlegen kommt man endlich auf Stoffe, welche sich, wenigstens bis jetzt, mit Hülfe der Chemie nicht mehr weiter zerlegen lassen. Man nennt diese daher einfache Körper oder Grundstoffe, elementare Bestandtheile oder Elemente<sup>1)</sup>. Man kennt bis jetzt 80 Elemente. Die Namen derselben sind:

Namen der  
Elemente.

Aluminium	Fluor	Niobium	Zellur
Antimon	Gold	Osmium	Terbium
Arsen	Ironium	Palladium	Thorium
Baryum	Jod	Phosphor	Titan
Beryllium	Iridium	Platin	Uran
Blei	Kalium	Quecksilber	Vanadium
Boron	Kobalt	Rhodium	Wasserstoff
Brom	Kohlenstoff	Ruthenium	Wismuth
Cadmium	Kupfer	Sauerstoff	Wolfram
Calcium	Lanthan	Schwefel	Yttrium
Cerium	Lithium	Selen	Zink
Chlor	Magnesium	Silber	Zinn
Chrom	Mangan	Silicium	Zirkon.
Dibym	Molybdän	Stickstoff	
Eisen	Natrium	Strontium	
Erbium	Nickel	Tantal	

Einteilung  
der Elemente.

Zur Erleichterung des Studiums hat man die Elemente in Abtheilungen zu bringen gesucht.<sup>1)</sup> So sehr indessen einige derselben von andern in ihren Eigenschaften abweichen, so mag man sie doch von einer Seite betrachten, von welcher man will, immer bleiben einige übrig, deren Eigenschaften ebensowohl zu einer, als zur andern Abtheilung hindeuten.

Bergelius und nach ihm die meisten Chemiker lassen sie zunächst in zwei Hauptabtheilungen zerfallen, in Metalle und Nichtmetalle oder Ametalle.

Die Nichtmetalle nennt Bergelius auch Metalloide; doch ist dieser Name nicht allgemein angenommen worden, weil die Endung oid eine Ähnlichkeit ausdrückt, sonach Metalloid etwas ganz Anderes bezeichnet als Nichtmetall. Früher nannte man die Leichtmetalle Metalloide, bis man übereinkam, sie den wirklichen Metallen beizuzählen. Liebig versteht unter Metalloiden eine Mittelklasse zwischen Metallen und Nichtmetallen und zählt

1) Unter den Elementen des Aristoteles versteht man die Repräsentanten von dem, was man jetzt Zustände nennt, Feuer als Repräsentant des Lichts und der Wärme, Luft als Repräsentant der gasförmigen, Erde der festen, Wasser der flüssigen Körper. Die Alchemisten fügten noch drei andere hinzu: Salz bezeichnete ihnen die Fähigkeit eines Körpers, eine Säure zu bilden, Schwefel war die Ursache der Brennbarkeit, und Mercurius bezeichnete die Metallität der Körper.

dazu Phosphor, Arsenik, Boron, Silicium, Zirkon und Aluminium. Wir folgen hier der allgemein angenommenen Einteilung von Berzelius in zwei Theilungen: in Metalle und Nichtmetalle.

Die Metalle sind im isolirten Zustande bei gewöhnlicher Temperatur Metalle. nicht gasförmig, sie sind undurchsichtig, Leiter der Elektricität und gute Wärmeleiter, besitzen Metallglanz oder nehmen ihn wenigstens durch Reiben an. Ihre niedrigste Oxydationsstufe ist eine Basis. Es sind ihrer 47.

Die Nichtmetalle sind durchsichtig oder durchscheinend, Nichtleiter der Elektricität, schlechte Wärmeleiter, haben ein geringes spezifisches Gewicht, welches das des Wassers nicht dreimal übersteigt, sind vorzugsweise elektro-negativ und bilden daher Dryde, welche nicht als Basen auftreten. Es gibt deren 13, wovon 3 permanent elastisch: Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff, und 10 im festen Zustande vorkommen: Schwefel, Selen, Phosphor, Chlor, Brom, Jod, Fluor, Kohlenstoff, Boron, Silicium <sup>1)</sup>. Nichtmetalle.

Auch nach der elektrochemischen Theorie (vgl. unten) findet eine Einteilung der Elemente statt. Man theilt sie danach in elektro-positiv und elektronegativ, je nachdem sie aus ihren Verbindungen am negativen oder positiven Pol der galvanischen Säule ausgeschieden werden. Da die Begriffe positiv und negativ in Beziehung auf Elektricität nur relativ sind, so kann die Einteilung nur auf je zwei Stoffe Anwendung finden. Einteilung der Elemente in elektro-positive und negative.

Man hat danach die Elemente in eine Reihenfolge geordnet, in welcher das erste und letzte Glied die größten elektrischen Gegensätze bilden, worin der Sauerstoff am meisten und gegen alle übrigen, also absolut elektro-negativ, und umgekehrt das letzte Glied, das Kalium, am meisten elektro-positiv ist, während alle übrigen nur relativ elektropositiv gegen die ihnen voranstehenden, negativ aber gegen die ihnen nachfolgenden Glieder der Reihe sind. Die bekannteren Elemente folgen sich danach in folgender Ordnung: Elektrochemische Reihenfolge der Elemente.

Sauerstoff	Boron	Quecksilber	Lanthan
Schwefel	Kohlenstoff	Silber	Thorium
Stickstoff	Antimon	Kupfer	Zirkonium
Fluor	Tellur	Uran	Aluminium
Chlor	Tantal	Wismuth	Yttrium
Brom	Titon	Zinn	Beryllium
Jod	Kiesel	Blei	Magnesium
Selen	Wasserstoff	Kadmium	Calcium
Phosphor	Gold	Kobalt	Strontium
Arsen	Osmium	Nickel	Barium
Chrom	Iridium	Eisen	Lithium
Vanadium	Platin	Zink	Natrium
Molybdän	Rhodium	Mangan	Kalium.
Wolfram	Palladium	Cerium	

1) Ueber die Einteilung der Metalle vgl. auch Regnault in den Ann. de Chim. et de Phys. Août 1836. S. 337 — 388, oder pharm. Centralblatt 1837. S. 65.

Chemische Eigenschaften  
des Körpers.

Die Veränderungen, welche sich mit dem Wesen der Körper ergeben, und die man durch eigenthümliche Erscheinungen wahrnimmt, wenn sie mit gewissen andern Körpern in Verührung kommen, versteht man, wie bereits angegeben wurde, unter den chemischen Eigenschaften der Körper; gewöhnlich bezeichnet man den Inbegriff derselben mit dem Ausdrucke „**chemisches Verhalten**“. Es wird durch Vereinigung gewisser Bedingungen (**chemischer Versuch**) ermittelt. Die Erreichung dieses Zweckes wird bedeutend erleichtert durch Berücksichtigung der wichtigeren physikalischen Eigenschaften, wie Aggregatzustand, und die Fähigkeit, ihn zu verändern (Schmelzbarkeit und Siedepunkt), Form, Oberfläche, spezifisches Gewicht, Glanz, Durchsichtigkeit, Farbe, Vermögen, die Elektricität und Wärme zu leiten, Geruch, Geschmack, Klang etc.

Chemische  
Verwandtschaft.

Man hat die unbekannte Ursache, warum jeder Körper gegen den andern ein verschiedenes chemisches Verhalten zeigt, mit dem Namen „**chemische Verwandtschaft (Affinität)**“ bezeichnet.

Da nämlich das chemische Verhalten wesentlich darin besteht, daß alle Körper mit gewissen andern Verbindungen einzugehen vermögen, so gründete man darauf die Ansicht, daß zwischen solchen Körpern eine gewisse Zuneigung, gegen andere eine Abneigung herrsche, welche zuerst Berthollet mit dem bildlichen Ausdrucke Verwandtschaft bezeichnete.

Man versteht also unter chemischer Verwandtschaft das Bestreben der Körper, sich chemisch zu verbinden. Sie ist eine eigene Art der Anziehung, welche sich von den anderen Arten derselben dadurch unterscheidet, daß sie ungleichartige Körper zu gleichartigen zu vereinigen strebt, während jene die innere Constitution unverändert lassen.

Elektrochemische  
Theorie.

Die Atomisten halten die Verwandtschaft für identisch mit der physikalischen Anziehungskraft. Die Ansicht, welche die Verwandtschaft als elektrische Aufregung betrachtet, heißt die **elektrochemische Theorie**. Während man unter Elektricität eine Erscheinung versteht, welche in Folge chemischer Anziehung eintritt, wenn zwei ungleichartige Körper in unmittelbare Verührung kommen und als solche schon vor dem Eintritte der chemischen Verbindung und auch dann bemerkbar wird, wenn letztere gar nicht erfolgt — bezeichnet man mit Verwandtschaft die Fähigkeit, sich chemisch anzuziehen, im Allgemeinen, auch, wenn sie sich als solche durch auffallende Erscheinungen, wie die elektrischen sind, nicht zu äußern vermag und deshalb ihr Dasein erst aus der durch sie bewirkten chemischen Verbindung und den davon abhängigen Veränderungen in den Eigenschaften der Körper erkannt wird.

Arten der  
Verwandtschaft.

Je nachdem die Körper als solche Verwandtschaft äußern, oder nur ihre Bestandtheile zu denen eines andern, oder je nachdem gewisse Körper zwischen anderen erst Verwandtschaft hervorrufen, unterscheidet man folgende Arten der Verwandtschaft:

1) **Einfache oder mischende Verwandtschaft**. Ein Körper verbindet sich mit einem andern, ohne daß einer von beiden dabei zersetzt wird.



$a$  verbindet sich mit  $b$  zu  $ab$ , z. B. Kalkerde und Schwefelsäure zu schwefelsaurer Kalkerde.

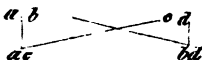
2) **Wahlverwandtschaft.** Die Körper vertauschen ihre Bestandtheile gegen andere, wählen sich gleichsam andere aus. Sie zerfällt in:

- a. **Einfache Wahlverwandtschaft**, wenn nur eine Zerlegung dabei stattfindet, so, daß sich ein Körper mit einem Bestandtheile einer Verbindung vereinigt und den andern für sich zurückläßt.



z. B. Schwefelquecksilber (Zinnober) mit Eisenfeile erhitzt, gibt Schwefeleisen und Quecksilber wird ausgeschieden.

- b. **Doppelte Wahlverwandtschaft**, wenn zwei Verbindungen zerlegt werden, wobei sich jeder Bestandtheil der einen Verbindung mit einem Bestandtheile der andern vereinigt.



z. B. durch Mischen von schwefelsaurem Ammoniak und salpetersaurem Kali entsteht salpetersaures Ammoniak und schwefelsaures Kali.

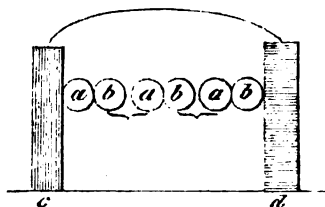
3) **Prädisponirende oder vorbereitende Verwandtschaft.** Ein Körper veranlaßt Verwandtschaft zwischen zwei anderen, weil er zu der aus beiden entstehenden Verbindung Verwandtschaft hat.



z. B. der Stickstoff und Sauerstoff der atmosphärischen Luft haben keine so große Verwandtschaft zu einander, daß sie sich zu Salpetersäure verbinden. Wirkt aber Kali mit, welches große Verwandtschaft zu Salpetersäure hat, so verbinden sich jene zu Salpetersäure und diese mit Kali zu salpetersaurem Kali.

4) **Verwandtschaft durch Contact.** Ein Körper veranlaßt Verwandtschaft zwischen zwei anderen, ohne daß er sich mit der entstehenden Verbindung vereinigt. So veranlaßt Platin Verwandtschaft zwischen Wasserstoff und Sauerstoff, so daß sie sich zu Wasser verbinden, Weingeist und Sauerstoff vereinigt es zu Essigsäure. Schwefelsäure oder Diastase vereinigt Stärkemehl und Wasser zu Stärkezucker. Solche Stoffe heißen daher Contactsubstanzen. Wird im Gegentheile eine Verbindung durch die Gegenwart eines Körpers zerlegt, so heißt die Erscheinung *Katalyse*, die Kraft, wodurch man sie sich hervorgebracht denkt, *katalytische Kraft*, von  $\eta$  καταλύσις, Zerlegung. So wird Wasserstoffhyperoxyd durch Alka-

lien, durch Braunstein, Silber, Platin, Gold, Eisen u. und durch organische Körper in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt, so Weingeist in Aether und Wasser durch Schwefelsäure, so in Wasser gelöster Harnstoff durch Thierschleim in kohlensaures Ammoniak.



5) **Induktive Verwandtschaft** heißt jene, welche durch die Einwirkung einer galvanischen Kette veranlaßt wird. Der eine Bestandtheil *a* einer gewissen Menge eines Körpers (Elektrolyt) verbindet sich mit einem andern Körper *c* (Elektromotor). Der andere Bestandtheil *b* des zersetzten Elektrolyten zerlegt die ihm zunächst liegende noch unzersetzte Menge des Elektrolyten und so wird die Verwandtschaft von einer Portion des Elektrolyten auf die andere übergeführt, fortgepflanzt, inducirt, bis am äußersten Ende des Elektrolyten der Bestandtheil *b* übrig bleibt und sich nun dort mit einem andern Körper *d* (Elektromotor) verbindet, welcher mit dem andern Elektromotor *c* durch einen Leitungsdraht außer der Flüssigkeit in Verbindung steht und ebenso eine Verwandtschaft in *b* erregt, wie *c* in *a*, welche sich in derselben Weise auf das bei *d* übrig bleibende *b* fortpflanzt.

6) **Eingleitende Verwandtschaft.** Ein im Akte der chemischen Verbindung begriffener Körper hat die Fähigkeit, in einem andern, womit er in Berührung kommt, dieselbe Thätigkeit hervorzurufen, so, daß er sich mit einem dritten verbindet. Platin oxydirt und löst sich für sich in Salpetersäure nicht auf, wohl aber mit Silber legirtes Platin. — Kupfer nimmt für sich den Sauerstoff des mit Schwefelsäure vermischten Wassers nicht auf; ist es aber mit Zink und Nickel verbunden (wie im Argentan), welche den Sauerstoff des Wassers aufnehmen, so löst sich auch das Kupfer vollständig mit auf. — Umgekehrt kann aber auch die Zersetzung durch einen bereits in Zersetzung begriffenen Körper in einem andern eingeleitet werden; so leitet Hefe die Zersetzung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure ein. Die Erklärung dieser Verwandtschaft s. unten: „Wie die Wirkung des Ferments zu erklären sei?“ bei der Weingährung.

Chemische  
Verbindung.

Wenn zwei ungleichartige, chemisch verwandte Körper in gegenseitige unmittelbare Berührung kommen, so verbinden sie sich zu einem dritten gleichartigen. Durch das Aufhören der Existenz zweier Körper bei ihrer gegenseitigen Durchdringung entsteht durch Umwandlung ein neuer. Beide lösen sich vollständig in Eins auf, was erst wieder durch chemische Analyse entzweit wird, so, daß die erstern Körper wieder entstehen. Man versteht demnach unter **chemischer Verbindung** die Ausgleichung ungleichartiger Körper zu einem gleichartigen. Nach der atomistischen Ansicht legen sich die kleinsten Theile der ungleichartigen Körper mit ihrer unveränderten Natur bloß neben einander (Zuraposition). Die erstere (dynamische) Ansicht ist die bessere, weil sie die bei der chemischen Verbindung stattfindenden Erscheinungen besser erklären läßt.

Wenn bei der chemischen Verbindung aus heterogenen Stoffen eine homogene Masse entsteht, so hängt damit nicht bloß eine Abänderung der chemischen, sondern auch der physikalischen Eigenschaften zusammen. Aus den beiden geruchlosen festen Substanzen, der dunkel gefärbten Kohle und dem gelben Schwefel, entsteht bei ihrer chemischen Verbindung der Schwefelkohlenstoff, eine wasserhelle, farblose Flüssigkeit von äußerst üblem Geruche; aus dem geschmacklosen Sauerstoff und fast geschmacklosen Schwefel die höchst saure und ägende Schwefelsäure.

Sowohl das Produkt als der Akt dieser Vereinigung heißt chemische Verbindung, Mischung oder Gemisch, welches sich vom Gemenge dadurch unterscheidet, daß es homogen ist, während bei letzterem heterogene Körper im feinertheilten Zustande sich neben und unter einander befinden, wohin auch die Auflösung gehört.

Kann auch mit der chemischen Verbindung zugleich eine Auflösung stattfinden, so unterscheidet sich doch die chemische Verbindung von der einfachen Auflösung:

Unterschied zwischen Auflösung und chemischem Prozeß.

1) Durch die bei einer chemischen Verbindung stattfindenden Erscheinungen (vgl. die Erscheinungen beim chemischen Prozeß);

2) durch vollkommene Abwesenheit der Eigenschaften, welche die Bestandtheile vor ihrer Verbindung besaßen.

Beiden Kennzeichen fehlt indeß zuweilen hinreichende Deutlichkeit. Für alle Fälle entscheidet hingegen:

3) Daß die Mengen der Bestandtheile einer chemischen Verbindung jederzeit und unter allen Bedingungen in genau demselben Zahlenverhältnisse zu einander stehen (vgl. Stöchiometrie), während in bloßer Auflösung befindliche Stoffe innerhalb gewisser Grenzen in den verschiedensten Verhältnissen zu einander stehen können.

Das Gegentheil der chemischen Verbindung ist die Zersetzung; man versteht also unter letzterer die Zerlegung eines gleichartigen Körpers in ungleichartige Theile. Kann die zersetzte Verbindung durch Wiedervereinigung dieser Bestandtheile nicht wieder hergestellt werden, wie bei vielen organischen Stoffen, so heißt die Zersetzung auch Zerstörung.

Chemische Zersetzung.

In gleichartige Theile werden die Körper durch mechanische Kräfte zerlegt, welche größer sind als die Cohäsionskraft, vermöge welcher sie ein Ganzes bilden, in ungleichartige dagegen durch eine Kraft, welche die Kraft der chemischen Verwandtschaft, vermöge der sie ein gleichartiges Ganzes bilden, zu überwinden vermag. Dies geschieht entweder durch physikalische Kräfte der Materie, wie Expansion, oder, wie bei Weitem in den meisten Fällen, durch einen höheren Grad der Verwandtschaft. Um daher eine chemische Verbindung zu zersetzen, braucht sie nur mit einem Körper in Verbindung zu kommen, wozu einer ihrer Bestandtheile größere Verwandtschaft besitzt, als diese zu einander selbst; erstere verbinden sich mit einander und die Verbindung ist zersetzt.

Die Erfahrung hat noch keine Verbindung nachgewiesen, welche nicht zersetzbar wäre. Doch wäre es möglich, daß manche bis jetzt unzerlegte

Stoffe (Elemente) Verbindungen von solcher Innigkeit sind, daß sie den bisherigen Trennungsversuchen widerstanden.

Edukte und  
Produkte.

Die heterogenen Stoffe, in welche eine Verbindung zerfällt, heißen **Edukte**, wenn sie als solche in der Verbindung enthalten waren, also rein ausgeschieden wurden, d. h. sich weder mit dem zersetzenden Stoffe, noch mit einem der Bestandtheile des zersetzten Körpers verbinden, und **Produkte**, wenn sie während der Zersetzung neue Verbindungen eingegangen haben. So ist die Kohlensäure, welche sich beim Einwirken der Schwefelsäure auf kohlensauren Kalk entwickelt, ein Edukt, der dabei entstehende schwefelsaure Kalk dagegen ein Produkt.

Chemischer  
Prozeß.

**Chemischer Prozeß** heißt jene Bewegung, welche chemische Verbindungen und Scheidungen veranlaßt. So ist z. B. bei der Zersetzung von salpetersaurem Baryt durch Schwefelsäure die Ausscheidung von Salpetersäure und die Verbindung der Schwefelsäure mit dem Baryt ein chemischer Prozeß, welcher die Zersetzung von salpetersaurem und die Bildung von schwefelsaurem Baryt zur Folge hat.

Erscheinun-  
gen beim  
chemischen  
Prozeße.

Die durch den chemischen Prozeß eintretenden Veränderungen heißen **chemische Erscheinungen**. Die gewöhnlichsten sind folgende:

**Wärmeentwicklung.** Je nach der Heftigkeit, womit eine Verbindung oder Zersetzung vor sich geht, ist dieselbe von einer mehr oder weniger bedeutenden Temperaturerhöhung begleitet. Die Körper dehnen sich bei ihrer gegenseitigen Durchdringung aus; es muß also mit dem Wiederaufheben derselben Wärme frei werden, welche sich in manchen Fällen bis zum Glühen steigert. So erhitzt sich trockene Strontianerde beim Uebergießen mit concentrirter Schwefelsäure bedeutend, Baryt und Magnesia kommen dabei sogar auf einige Zeit ins Glühen. Kalium, in Wasser geworfen, verbindet sich mit dessen Sauerstoff unter Feuerentwicklung. 1 Theil Terpentinöl brechen beim Zusammentreffen mit einer Mischung von 1 Theil concentrirter Schwefelsäure und 1 Theilen Salpetersäure mit Heftigkeit in Flammen aus. Das Chlorsaure Kali, mit leicht oxydirbaren Stoffen gemischt, zersetzt sich beim Reiben ebenfalls unter Feuerentwicklung. Aber nicht bloß bei Verbindungen, sondern auch bei Zersetzungen bemerkt man oft sehr bedeutende Wärmeentwicklung; so ist die heftige Zersetzung, welche eintritt, wenn Chlornickstoff bis 96 oder 100° C. erwärmt wird, von einer Feuererscheinung begleitet, obgleich keinerlei Verbindung, sondern einfach eine Zersetzung in Chlor und Stickstoff dabei stattfindet. Selbst bei gewissen eigenthümlichen Abänderungen mancher Verbindungen, wobei sie übrigens keine Veränderung in ihrer Zusammensetzung zu erleiden scheinen (Homere Modification, vgl. Homerie), tritt bisweilen Feuererscheinung ein. Erhitzt man Ictonerde oder Chromoryd bis zum anfangenden Rothglühen, so entsteht eine augenblickliche Feuererscheinung, nach welcher dieselben in Säuren unlöslich sind, ohne in ihrer Zusammensetzung geändert zu werden.

**Verpuffung (Detonation).** Man versteht darunter das Geräusch, welches durch heftige Reibung der Luft entsteht, wenn ein gasförmiger Körper plötzlich aus einer festen Verbindung in Freiheit gesetzt wird. Eine

**Verpuffung**, welche so heftig ist, daß durch die dabei erfolgende Ausdehnung von Luftarten Gefäße oder überhaupt in der Nähe befindliche Gegenstände zertrümmert und umhergeschleudert werden, heißt **Explosion**. Ein geringerer Grad der Verpuffung ist das **Aufbrausen**, welches entsteht, wenn ein Gas sich allmählig, aber doch mit einem schwachen Geräusch aus einer Flüssigkeit entwickelt; man nennt es **Perlen**, wenn die Gasentwicklung zwar langsam, aber in größeren Mäßen erfolgt.

Die **Fällung**, **Niederschlagung** oder **Präcipitation** erfolgt, wenn durch Verbindung zweier aufgelöster Körper ein unauflöslicher entsteht, oder bei der Zersetzung einer Verbindung ein für sich unauflöslicher Körper ausgeschieden wird. Der unauflösliche Körper triibt anfangs die Flüssigkeit und setzt sich dann unter Aushüllung derselben am Boden des Gefäßes ab. Bisweilen schwimmt er zuerst auf der Oberfläche, durch eingeschlossene Luftbläschen emporgehoben, fällt aber später doch noch zu Boden. Nur in seltenen Fällen ist er an und für sich leichter als die Flüssigkeit und bleibt dann an der Oberfläche, wie die ausgeschiedenen Fett Säuren (Stearin-, Margar.-, Elainsäure).

Das **Zerfallen** findet nur bei wenigen Körpern statt, z. B. beim Kalk, wenn derselbe Wasser und Kohlensäure aus der Luft anzieht. Auch das **Verwittern**, das Zerfallen der Körper durch Einwirkung der Luft (gleichsam der Witterung), gehört hierher; es findet bei Zersetzungen statt, wie beim Verdunsten des Krystallwassers mancher Salze an der Luft, z. B. beim Krystallisiren kohlensauren Natron. Der Feilspath verwittert durch den Verlust seines Alkaligehaltes.

Auch das **Zerfließen** rechnet man hierher. Es ist aber nur die Folge einer einfachen Auflösung durch Wasseranziehung hygroskopischer Substanzen aus der Luft.

Die mannichfaltigen Bedingungen, unter welchen sich die verschiedenen Stoffe chemisch verbinden und die Verbindungen derselben wieder zersetzt werden, sind der Hauptsache nach von folgenden Gesetzen abhängig:

1) Jeder einfache, d. h. bis jetzt noch unzerlegte Stoff kann sich mit anderen verbinden, aber meistens nicht mit allen, vielleicht weil man sie noch nicht unter den erforderlichen Umständen damit in Berührung gebracht hat, vielleicht auch bloß bestreuen, weil andere entgegenwirkende Naturkräfte, wie Schwerkraft, Cohäsion und Elasticität das Uebergewicht haben.

2) Nur Körper von gleicher Stufe der Zusammensetzung bilden feste Verbindungen, nur einfache mit einfachen u.; doch verhalten sich in dieser Beziehung einige zusammengesetzte Körper, wie Cyan, Ammonium, wie Elemente. Auch nehmen manche Verbindungen noch gewisse Antheile eines ihrer Bestandtheile auf. So verbindet sich einfach schwefelsaures Kali mit einem weitem Antheile Schwefelsäure zu doppelt schwefelsaurem Kali und umgekehrt letzteres mit einem Antheile Kali zu einfach schwefelsaurem.

3) Gewöhnlich verbinden sich Körper nur dann sehr fest, wenn Beide einen gemeinschaftlichen Bestandtheil haben.

4) Bei doppelter Zersetzung ist die Verwandtschaft größer, als beim

Affinitätsgesetze bei chemischen Verbindungen.



unmittelbaren Zusammentritte der Stoffe. Schwefel und Wasserstoff verbinden ſich nicht direct, wohl aber bei der Zerſetzung einer Schwefelverbindung durch Waſſer.

5) Wenn zwei Körper Verwandſchaft zu einer Verbindung haben, ſo theilen ſie ſich in ſie. So verbindet ſich Natron beim Zusammenbringen mit doppeltweinfteinſaurem Kali mit einem Theil der Weinſteinſäure.

6) Die Affinität wirkt nicht in die Ferne, die zu verbindenden Stoffe müſſen in unmittelbare Berührung gebracht werden, damit ſie ſich durchbringen können. Es wird daher oft die Einwirkung eines Körpers auf den andern gehemmt, weil die entſtandene Verbindung letzteren ſo umhüllt, daß erſterer außer Berührung mit ihm kommt. Es erfolgt daher die Verbindung der Schwefelſäure mit Kalk nur langſam, wenn er einmal von einer Schichte unlöslichem ſchwefelſauren Kalk umhüllt iſt.

7) Die Affinität wirkt nicht wie die Adhäfion bloß auf die Oberfläche, ſondern auf die ganze Maſſe, ſie hat ſonach die Schwerkraft, Cohäfion und Elaſticität zu überwinden.

8) Es muß daher gewöhnlich — wenigſtens einer der zu verbindenden Stoffe flüſſig, in einer Flüſſigkeit aufgelöst, geſchmolzen ſein. Daher die alte Regel: Corpora non agunt, niſi fluida. Feſte Körper verbinden ſich nur ſchwierig, weil ſie an zu wenig Punkten in Berührung kommen. Die höchſt dünne Schichte der Verbindung, welche ſich bilden kann, hindert als Scheidewand die gegenseitige Berührung, z. B. Kleeſäure und Kalk. Werden indeſſen durch anhaltendes Reiben die Berührungspunkte erneuert, ſo erhält man eine chemiſche Verbindung, ſo bei feinertheiltem Kupfer und Schwefel. Am leichtesten erfolgt die Verbindung, wenn beide Körper flüſſig ſind.

9) Oft iſt Temperaturerhöhung erforderlich, auch wenn einer oder beide Stoffe flüſſig ſind, meiſtens aber befördert ſie wenigſtens die Verbindung. Feſter und geſchmolzener Schwefel verbindet ſich nicht mit Kohle, wohl aber Schwefeldampf mit glühender Kohle. Kohle verbindet ſich nur glühend mit Sauerſtoſſ; Sauerſtoſſ mit Waſſerſtoſſ nur; wenn ſie durch einen glühenden Körper erhitzt werden. Nur wenige Verbindungen erfolgen leichter bei niedrigerer Temperatur. So abſorbirt kaltes Waſſer leichter Chlorgas als warmes, weil in letzterem die Expansion des Gaſes überwiegend wird.

10) In einigen Fällen kann das Licht eine höhere Temperatur erſetzen. So vereinigt ſich Chlorgas mit Waſſerſtoſſgas zu ſalzſaurem Gaſe, ebenſo mit Kohlenoxydgas bei gewöhnlicher Temperatur nur unter Einwirkung des Lichtes. Sehr ſchwach gefärbtes Fenſterglas färbt ſich am Lichte in einem Jahre purpur, wahrſcheinlich durch höhere Drydation des darin enthaltenen Mangans, während es im Dunkeln blaß bleibt.

11) Auch die Elektricität begünſtigt die Verbindung vieler Stoffe, wobei ſie vorzüglich durch Temperaturerhöhung, aber auch durch Compression wirkt. So bewirkt der elektriſche Funke beim Durchſchlagen die Verbindung von Sauerſtoſſ und Waſſerſtoſſ.

12) Gasförmige Körper, deren Elasticität im gewöhnlichen Zustande größer ist als ihre Verwandtschaft zu festen oder flüssigen, verbinden sich nur dann mit diesen, wenn sie in dem Augenblicke mit ihnen in Berührung kommen, wo sie sich von einem flüssigen oder festen Körper trennen, im Entbindungsmoment (in statu nascenti). Die Verbindung des Wassers mit Sauerstoff zu Hyperoxyd entsteht nicht direct, sondern nur bei der Entwicklung von Sauerstoff aus Baryumhyperoxyd durch Salzsäure.

13) Die chemische Verbindung erfolgt um so schneller, je weniger ein fester Körper im Verhältnisse zu einem flüssigen, oder ein gasförmiger im Verhältnisse zu einem flüssigen oder festen beträgt, je mehr die Cohäsion eines festen Stoffes durch Erwärmung, oder die Elasticität eines gasförmigen durch Erhaltung und Compression verringert wird, und je mehr endlich durch Zerkleinern des festen Körpers und durch Schütteln und Reibung die Berührungspunkte vermehrt werden; ferner je größer die Affinität und je geringer die Cohäsion und Differenz im specifischen Gewichte, je leichter die Stoffe durcheinander vertheilbar und je flüssiger die neue Verbindung.

14) Je inniger die Verbindung, um so größer ist in der Regel die dabei erfolgende Abänderung in den Eigenschaften der sich verbindenden Körper. Bei losen Verbindungen beträgt sie oft nur so viel als nöthig ist zur Ausgleichung der Verschiedenartigkeit, während die Eigenschaften einer innigen Verbindung fast in jeder Beziehung von denen der Bestandtheile abweichen, wie z. B. bei der Verbindung des Quecksilbers mit Schwefel zu Zinnober.

15) Bei den meisten chemischen Verbindungen vermehrt sich die Dichtigkeit, die Verbindung nimmt einen kleinern Raum ein als die Bestandtheile vor der Verbindung; seltner erfolgt Ausdehnung, oder keines von Beiden. Bei der Vereinigung der Gase zu gasförmigen Verbindungen erfolgt meist Verdichtung und zwar immer nach einfachen Maßverhältnissen. So verbinden sich 2 Volume Wasserstoff mit 1 V. Sauerstoff zu 2 V. Wassergas, 1 V. Stickstoff mit 3 V. Wasserstoff zu 2 V. Ammoniakgas, 1 V. Arsengas mit 3 V. Sauerstoff zu 1 V. arseniger Säure, 1 V. Schwefelgas mit 9 V. Sauerstoff zu 6 V. Schwefelsäure. Bei mehreren erfolgt keine Veränderung des Volums, so daß die Verbindung das mittlere specifische Gewicht der Bestandtheile besitzt. So verbindet sich 1 V. Stickstoff mit 1 V. Sauerstoff zu 1 V. Stickstoffoxydgas, 1 V. Chlorgas mit 1 V. Wasserstoffgas zu 2 V. Salzsäure. Nur eine Verbindung gasförmiger Stoffe ist bekannt, bei welcher Ausdehnung erfolgt: 1 V. Schwefelgas verbindet sich mit 6 V. Quecksilbergas zu 9 V. Schwefelquecksilbergas. Auch bei festen und flüssigen Körpern tritt selten Ausdehnung und dann nur eine sehr schwache ein, so bei der Verbindung von Jod mit Kalium, Blei, Quecksilber oder Silber, von Schwefel mit Arsenik zu rothem Schwefelarsenik, eine starke dagegen bei Verbindung von Schwefel mit Kohlenstoff. Ausdehnung und Verdichtung zeigt jedoch

hier kein so einfaches Verhältniß wie bei den Gasen, welche alle bei gleicher Temperatur gleiche Ausdehnung haben.

16) Der Aggregatzustand verändert sich so, daß a. eine feste Verbindung entstehen kann aus 2 Gasen (Condensation), so Salmiak aus Ammoniak- und salzsaurem Gas; aus einem gasförmigen und einem tropfbarflüssigen (Verschlingung, Absorption), so Quecksilberoxyd aus Sauerstoffgas und Quecksilber; aus einem gasförmigen und einem festen (ebenfalls Absorption), so Eisenoryd aus Sauerstoff und Eisen; aus 2 tropfbaren, so Quecksilberbromid aus Quecksilber und Brom; aus einem tropfbaren und festen, so Kalhydrat aus Wasser und Kalk; b. eine tropfbare Verbindung aus 2 Gasen (Condensation), so Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff; aus einem gasförmigen und tropfbaren (Absorption), so wässrige Salzsäure aus Salzsäuregas und Wasser; aus einem gasförmigen und einem festen (Absorption), so Zinnchlorid aus Chlor und Zinn; aus zwei Flüssigkeiten (Mischung im engsten Sinne), so Schwefelkohlenstoff und Chlorschwefel; aus zwei festen Körpern, so Kohlenstoff und Schwefel; c. eine bei gewöhnlicher Temperatur und gewöhnlichem Luftdruck gasförmige Verbindung entsteht nur aus zwei permanenten Gasen, so Wasserstoff- und Stickstoffgas; aus einem permanenten und unbefändigen Gase, so Wasserstoff und Salzsäuregas; aus einem permanenten Gase und einer tropfbaren Flüssigkeit, so Wasserstoff und Brom, oder aus einem permanenten Gase und einem festen Körper, Sauerstoff und Kohlenstoff.

17) Die Schmelzbarkeit der Verbindungen ist meistens größer als die ihrer Bestandtheile. So hat das Platinmickel die Schmelzbarkeit des Kupfers, obgleich Platin und Mickel für sich weit weniger schmelzbar sind. Die Legirungen von Blei und Zinn, Blei und Wismuth u. schmelzen gleichfalls viel leichter als jedes dieser Metalle für sich. Das Eisen wird durch Verbindung mit dem unschmelzbaren Kohlenstoff (im Stahl und Gußeisen) leichter schmelzbar als das Eisen für sich. So schmelzen für sich unschmelzbare Erden, wie Baryt, Strontian, Kalk, Bittererde, Alaunerde in Verbindung mit der fast unschmelzbaren Kieseelerde. Manche Schwefelmetalle hingegen sind schwerer schmelzbar als ihre Bestandtheile, wie Schwefel-Kalium, -Zink, -Quecksilber.

18) Die Flüchtigkeit der Verbindungen ist meistens geringer als die ihrer Bestandtheile. Bisweilen ist sie wenigstens größer als die eines ihrer Bestandtheile, so bei den Verbindungen des Kohlenstoffs mit Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, des Schwefels mit Sauerstoff und Wasserstoff, des Bleies, Silbers, Eisen u. mit Chlor; sehr selten ist die Verbindung flüchtiger als jeder ihrer Bestandtheile, wie der Schwefelkohlenstoff.

19) Die größte Veränderung tritt mit dem chemischen Verhalten und mit den physiologischen Wirkungen ein. Bald werden auffallende chemische und physiologische Eigenschaften hervorgerufen, bald aufgehoben. Schwefel und Sauerstoff zeigen keine Affinität gegen Salzbasen, die aus beiden entstehende Schwefelsäure dagegen sehr starke. Beide lassen blaue Lackmussfarbe unverändert, Schwefelsäure röthet sie. Während

Erkere geschmacklos und nicht ägend sind, schmeckt die Letztere sauer und ägt. Viele Metalle werden erst zu Giften durch die Verbindung mit Sauerstoff, Chlor u., wie Silber, Quecksilber, Gold. Die Aufhebung ausgezeichneter physiologischer Eigenschaften kommt vorzüglich bei der Verbindung der Säuren mit den Salzbasen vor. Salzsäure riecht und schmeckt sehr sauer und röthet Lackmus; Ammoniak riecht und schmeckt stehend alkalisch und bläut Lackmus, beide wirken — aber auf verschiedene Weise — ägend auf den Organismus, während der aus beiden verbundene Salmiak salzig schmeckt und überhaupt keine dieser Eigenschaften besitzt.

Affinitätsgesetze bei chemischen Zersetzungen.

20) Überwiegende Cohäsion zersetzt chemische Verbindungen. Je größer die Cohäsion des abzuscheidenden Stoffes und der entstehenden Verbindung, desto leichter erfolgt die Zersetzung; je größer dagegen die Cohäsion des zersetzenden Körpers und der zu zersetzenden Verbindung, ein desto größeres Übergewicht der Verwandtschaft ist nöthig zur Zersetzung. Zwei in Wasser gelöste Salze zersetzen sich nur, wenn wenigstens das eine der entstehenden Salze weniger löslich, also cohärenter ist als jedes der beiden ursprünglichen. Rein unlösliches Salz zersetzt sich mit einem löslichen in zwei lösliche, dagegen bilden zwei lösliche oft ein minder lösliches und ein unlösliches.

21) Auch die Adhäsion vermag lose chemische Verbindungen aufzuheben. Beim Filtriren des Essigs durch Quarzsand ist die zuerst durchgehende Flüssigkeit aller Säure beraubt. Mit Wasser verdünnter Kartoffelbraunwein liefert dabei zuerst reines Wasser, dann wieder Weingeist, aber ohne Fuselöl, dann das unveränderte Gemisch. Auch Holzspäne entziehen dem Essig anfangs fast alle Säure, noch stärker wirkt die Holzkohle, und es beruht auch darauf ihre entfärbende Kraft auf verschiedene Flüssigkeiten. Auch die Entwässerung des Weingeistes durch Thierblase gehört hierher.

22) Die Lebenskraft der Thiere und Pflanzen vermag ebenfalls chemische Verbindungen zu zersetzen. Grüne Pflanzentheile zersetzen bei Einwirkung des Lichts die Kohlensäure der Luft unter Sauerstoffentwicklung.

23) Die meisten und wichtigsten Zersetzungen veranlaßt überwiegende Affinität unter den Bedingungen, welche für die chemische Verbindung gelten.

24) Oft erfolgt, auch wenn der eine Stoff flüssig ist, nicht eher Zersetzung, als bis eine gewisse Menge Wasser zugesetzt wird, weil das in concentrirten Säuren und ihren Mischungen mit Weingeist unlösliche Zersetzungsprodukt den festen Körper so umhüllt, daß die Flüssigkeit nicht mehr einwirken kann. Eine Mischung von 1 Theil Nitrolöl und 6 Theilen absolutem Alkohol zersetzt kein trockenes kohlensaures Salz.

25) Wie bei der Verbindung kann auch bei der Zersetzung Licht und Electricität eine höhere Temperatur erzeugen. Viele Metalle entwickeln ihren Sauerstoff im Lichte ganz oder theilweise. So zersetzt sich braunes Bleihyperoxyd in rothes und Sauerstoff, Silberoxyd in Metall und Sauerstoff, Salpetersäure in salpetrige Säure und Sauerstoff und wird daher gelb an der Sonne.

Affinitätsge-  
setze für  
Veränderung  
der Ver-  
wandtschaft.

Unter gleichen Umständen treten immer dieselben Zersetzungen ein, veränderte Umstände lehren aber bisweilen die Verwandtschaft um (wechselseitige Verwandtschaften). Es gelten hierfür folgende Gesetze:

26) Jeder Theil einer Masse ist chemisch thätig; je mehr also solcher Theile sind, um so größer die Gesamtthätigkeit. Ein Ueberschuß des einwirkenden Körpers kann daher die Verwandtschaft bisweilen umkehren. Die Verwandtschaft der Schwefelsäure zu Kali ist größer als die der Salpetersäure, aber vermehrte Menge der letztern zersetzt schwefelsaures Kali.

27) Die Adhäsion zwischen zwei Gasen oder einem Gase und einem festen oder flüssigen Körper kann eine entgegengesetzte Verwandtschaft hervorrufen. Kohlensäurer Kalk verliert durch Glühen an der Luft seine Kohlensäure vermöge deren Adhäsion zur atmosphärischen Luft, während Kalk in einem Strome kohlensaurem Gas gleich stark geglüht, dieses reichlich aufnimmt.

28) Die prädisponirende Affinität des Lösungsmittels und die Unlöslichkeit des Produkts können ebenfalls in manchen Fällen die Verwandtschaft umkehren. Kohlensäurer Kalk wird durch wässrige Salzsäure zerlegt, durch eine Auflösung von Weingeist in Salzsäure nicht wegen der prädisponirenden Affinität des Lösungsmittels zum einwirkenden Körper, zur Salzsäure.

29) Auch die Temperatur ändert bisweilen die Affinität. Kohlensäurer Baryt und schwefelsaures Natron zersetzen sich bei gewöhnlicher Temperatur; es entsteht schwefelsaurer Baryt und kohlensaures Natron. Werden dagegen die beiden letztern zusammengeschmolzen oder mit Wasser gekocht, so entstehen wieder die beiden erstern Verbindungen.

Affinitätsge-  
setze, ihre  
Größe betref-  
fend.

Zur Bestimmung der absoluten, in Zahlen ausdrückbaren Größe der Affinität im Verhältnisse zu andern Naturkräften fehlen bis jetzt noch die Mittel. Die relative Affinitätsgröße, d. h. die gegenseitig verglichene Affinitätsgröße der einzelnen Körper ohne Rücksicht auf andere Naturkräfte ist zwar auch noch nicht in Zahlen, aber doch insofern ermittelt, daß man mit einiger Sicherheit angeben kann, in welcher Ordnung sich die Affinitäten verschiedener Stoffe gegen einen bestimmten Stoff der Stärke nach folgen. Bei den Verbindungen fester Körper mit flüchtigen nimmt man an, daß die Affinität zwischen beiden um so größer sei, eine je höhere Temperatur zur Zersetzung erforderlich ist. Bei den übrigen Verbindungen, daß, wenn eine Verbindung aus zwei Stoffen (A, B) durch einen dritten (C) zersetzt wird, dieser zu dem einen der erstern (A) eine größere Verwandtschaft hat — da er sich damit verbindet — als der andere (B) zum erstern (A). Wird die Verbindung wieder durch einen vierten Körper D zerlegt durch dessen Verbindung mit A und diese wieder durch E u. s., und setzt man A oben an und darunter die andern Stoffe B, C, D, E, wie ihre Affinität abnimmt, so erhält man eine Affinitätscolumne von A. Mehrere solcher Columnen für verschiedene Körper zusammengestellt bilden eine Verwandtschaftstabelle. (Solche Tabellen sind: Bergens und Höch-

heimer Tabellen über die chemische Verwandtschaft der Körper u. Frankfurt a. M., Giesenberg. 1790; ferner in L. Schnaubert's Untersuchung der Verwandtschaft. Erfurt, Henning. 1803; Kastner's Grundzüge der Physik und Chemie. 2. Aufl. Nürnberg 1832. I. 144.; in Leop. Gmelin's Handbuch der theoretischen Chemie. 4. Aufl. Heidelberg 1842).

Für die Affinitätsgröße gelten folgende allgemeine Gesetze:

30) Wenn ein Stoff verschiedene Mengen von einem andern aufzunehmen vermag, so bindet er die kleineren Mengen davon stets fester als die größeren. Bleihyperoxyd wird in schwacher Glühhitze unter Sauerstoffentwicklung zu Mennige, und diese wieder durch stärkere Hitze zu gelbem Oxyd, dieses aber auch durch die stärkste Hitze nicht weiter reducirt.

31) Je einfacher die Stoffe, um so größer ihre gegenseitige Affinität. Die Elemente haben demnach die größte Verwandtschaft zu einander und sehr vielfach zusammengesetzte Körper meist gar keine.

32) Je ungleicher die Körper in ihrem physikalischen Verhalten sind, um so größer ist in der Regel ihre Affinität. So haben die Metalle geringe Affinität zu einander, sehr große aber zu nicht metallischen Stoffen, wie Sauerstoff, Chlor, Jod, Brom, Schwefel.

Jeder Körper verbindet sich mit einem andern nur in einem oder mehreren bestimmten Mengenverhältnissen. Kommen Stoffe in andern Verhältnissen zusammen, so tritt der im Überschusse zugesetzte Antheil nicht in die Verbindung mit ein, ändert demnach auch seine Eigenschaften nicht, wie Dies in Folge chemischer Verbindung geschieht, sondern zeigt das ihm zukommende chemische Verhalten unverändert. Es ist dies das wichtigste und unumstößliche Merkmal einer chemischen Verbindung. Dieses Gesetz bildet den Gegenstand der

Affinitätsge-  
setze für  
die relative  
Menge, in  
welcher sich  
die Stoffe ver-  
binden.

Woran man  
eine chemische  
Verbindung  
als solche er-  
kennt.

### Stöchiometrie.

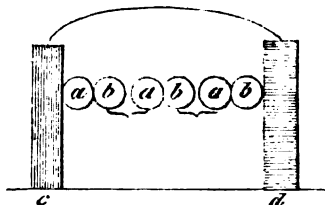
Sobald irgend eine Menge eines Körpers mit einer so großen Menge eines andern zusammenkommt, daß nichts als die neue Verbindung übrig bleibt, so nennt man diesen Zustand des Gleichgewichts **Sättigung**. Die relative Gewichtsmenge eines Körpers, welche ein anderer aufzunehmen vermag, heißt des letztern **Sättigungscapacität**. So versteht man unter **Sättigungscapacität (Sättigungsvermögen)** einer Säure die Fähigkeit, eine Base zu neutralisiren oder mit derselben eine neutrale (in der Regel auf Pflanzenfarben nicht einwirkende) Verbindung zu bilden. Zum Maasse ist die Sauerstoffmenge genommen, die in so viel Basis enthalten ist, als zur Sättigung von 100 Theilen der wasserfreien Säure erfordert wird. So sagt man, das Sättigungsvermögen der Schwefelsäure sei 19,96, weil 100 Theile wasserfreier Schwefelsäure ein Quantum Alkali, Erde oder Metalloxyd sättigt, worin 19,96 Sauerstoff enthalten sind.

Sättigung.

Sättigungs-  
capacität.

Da sich die Sättigungscapacität der Körper umgekehrt verhält wie ihre Mischungsgewichte (s. unten), so erhält man erstere durch Division des MG des Körpers, dessen Sättigungscapacität man = 1 setzt, also wenn dies der Sauerstoff ist, durch Division von 100 durch das MG des

lien, durch Braunstein, Silber, Platin, Gold, Eisen u. und durch organische Körper in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt, so Weingeist in Aether und Wasser durch Schwefelsäure, so in Wasser gelöster Harnstoff durch Thierschleim in kohlensaures Ammoniak.



5) Induktive Verwandtschaft heißt jene, welche durch die Einwirkung einer galvanischen Kette veranlaßt wird. Der eine Bestandtheil *a* einer gewissen Menge eines Körpers (Elektrolyt) verbindet sich mit einem andern Körper *c* (Elektromotor).

Der andere Bestandtheil *b* des zersehten Elektrolyten zerseht die ihm zunächst liegende noch unzersehte Menge des Elektrolyten und so wird die Verwandtschaft von einer Portion des Elektrolyten auf die andere übergeführt, fortgepflanzt, inducirt, bis am äußersten Ende des Elektrolyten der Bestandtheil *b* übrig bleibt und sich nun dort mit einem andern Körper *d* (Elektromotor) verbindet, welcher mit dem andern Elektromotor *c* durch einen Leitungsdraht außer der Flüssigkeit in Verbindung steht und ebenso eine Verwandtschaft in *b* erregt, wie *c* in *a*, welche sich in derselben Weise auf das bei *d* übrig bleibende *b* fortpflanzt.

6) Einleitende Verwandtschaft. Ein im Akte der chemischen Verbindung begriffener Körper hat die Fähigkeit, in einem andern, womit er in Berührung kommt, dieselbe Thätigkeit hervorzurufen, so, daß er sich mit einem dritten verbindet. Platin oxydirt und löst sich für sich in Salpetersäure nicht auf, wohl aber mit Silber legirtes Platin. — Kupfer nimmt für sich den Sauerstoff des mit Schwefelsäure vermischten Wassers nicht auf; ist es aber mit Zink und Nickel verbunden (wie im Argentan), welche den Sauerstoff des Wassers aufnehmen, so löst sich auch das Kupfer vollständig mit auf. — Umgekehrt kann aber auch die Zersetzung durch einen bereits in Zersetzung begriffenen Körper in einem andern eingeleitet werden; so leitet Hefe die Zersetzung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure ein. Die Erklärung dieser Verwandtschaft s. unten: „Wie die Wirkung des Ferments zu erklären sei?“ bei der Weingährung.

Chemische  
Verbindung.

Wenn zwei ungleichartige, chemisch verwandte Körper in gegenseitige unmittelbare Berührung kommen, so verbinden sie sich zu einem dritten gleichartigen. Durch das Aufhören der Existenz zweier Körper bei ihrer gegenseitigen Durchbringung entsteht durch Umwandlung ein neuer. Beide lösen sich vollständig in Eins auf, was erst wieder durch chemische Analyse entzweit wird, so, daß die erstern Körper wieder entstehen. Man versteht demnach unter **chemischer Verbindung** die Ausgleichung ungleichartiger Körper zu einem gleichartigen. Nach der atomistischen Ansicht legen sich die kleinsten Theile der ungleichartigen Körper mit ihrer unveränderten Natur bloß neben einander (Zuraposition). Die erstere (dynamische) Ansicht ist die bessere, weil sie die bei der chemischen Verbindung stattfindenden Erscheinungen besser erklären läßt.

Wenn bei der chemischen Verbindung aus heterogenen Stoffen eine homogene Masse entsteht, so hängt damit nicht bloß eine Abänderung der chemischen, sondern auch der physikalischen Eigenschaften zusammen. Aus den beiden geruchlosen festen Substanzen, der dunkel gefärbten Kohle und dem gelben Schwefel, entsteht bei ihrer chemischen Verbindung der Schwefelkohlenstoff, eine wasserhelle, farblose Flüssigkeit von äußerst üblem Geruche; aus dem geschmacklosen Sauerstoff und fast geschmacklosen Schwefel die höchst saure und ägende Schwefelsäure.

Sowohl das Produkt als der Akt dieser Vereinigung heißt chemische Verbindung, Mischung oder Gemisch, welches sich vom Gemenge dadurch unterscheidet, daß es homogen ist, während bei letzterem heterogene Körper im feinertheilten Zustande sich neben und unter einander befinden, wohin auch die Auflösung gehört.

Kann auch mit der chemischen Verbindung zugleich eine Auflösung stattfinden, so unterscheidet sich doch die chemische Verbindung von der einfachen Auflösung:

Unterschied zwischen Auflösung und chemischem Prozeß.

1) Durch die bei einer chemischen Verbindung stattfindenden Erscheinungen (vgl. die Erscheinungen beim chemischen Prozesse);

2) durch vollkommene Abwesenheit der Eigenschaften, welche die Bestandtheile vor ihrer Verbindung besaßen.

Beiden Kennzeichen fehlt indeß zuweilen hinreichende Deutlichkeit. Für alle Fälle entscheidet hingegen:

3) Daß die Mengen der Bestandtheile einer chemischen Verbindung jederzeit und unter allen Bedingungen in genau demselben Zahlenverhältnisse zu einander stehen (vgl. Stöchiometrie), während in bloßer Auflösung beständige Stoffe innerhalb gewisser Grenzen in den verschiedensten Verhältnissen zu einander stehen können.

Das Gegentheil der chemischen Verbindung ist die Zersetzung; man versteht also unter letzterer die Zerlegung eines gleichartigen Körpers in ungleichartige Theile. Kann die zersetzte Verbindung durch Wiedervereinigung dieser Bestandtheile nicht wieder hergestellt werden, wie bei vielen organischen Stoffen, so heißt die Zersetzung auch Zerstörung.

Chemische Zersetzung.

In gleichartige Theile werden die Körper durch mechanische Kräfte zerlegt, welche größer sind als die Cohäsionskraft, vermöge welcher sie ein Ganzes bilden, in ungleichartige dagegen durch eine Kraft, welche die Kraft der chemischen Verwandtschaft, vermöge der sie ein gleichartiges Ganzes bilden, zu überwinden vermag. Dies geschieht entweder durch physikalische Kräfte der Materie, wie Expansion, oder, wie bei Weitem in den meisten Fällen, durch einen höheren Grad der Verwandtschaft. Um daher eine chemische Verbindung zu zersetzen, braucht sie nur mit einem Körper in Verbindung zu kommen, wozu einer ihrer Bestandtheile größere Verwandtschaft besitzt, als diese zu einander selbst; erstere verbinden sich mit einander und die Verbindung ist zersetzt.

Die Erfahrung hat noch keine Verbindung nachgewiesen, welche nicht zersetzbar wäre. Doch wäre es möglich, daß manche bis jetzt unzerlegte



Stoffe (Elemente) Verbindungen von solcher Innigkeit sind, daß sie den bisherigen Trennungsversuchen widerstanden.

Edukte und  
Produkte.

Die heterogenen Stoffe, in welche eine Verbindung zerfällt, heißen **Edukte**, wenn sie als solche in der Verbindung enthalten waren, also rein ausgeschieden wurden, d. h. sich weder mit dem zersetzenden Stoffe, noch mit einem der Bestandtheile des zersetzten Körpers verbinden, und **Produkte**, wenn sie während der Zersetzung neue Verbindungen eingegangen haben. So ist die Kohlensäure, welche sich beim Einwirken der Schwefelsäure auf kohlensauren Kalk entwickelt, ein Edukt, der dabei entstehende schwefelsaure Kalk dagegen ein Produkt.

Chemischer  
Prozeß.

**Chemischer Prozeß** heißt jene Bewegung, welche chemische Verbindungen und Scheidungen veranlaßt. So ist z. B. bei der Zersetzung von salpetersaurem Baryt durch Schwefelsäure die Ausscheidung von Salpetersäure und die Verbindung der Schwefelsäure mit dem Baryt ein chemischer Prozeß, welcher die Zersetzung von salpetersaurem und die Bildung von schwefelsaurem Baryt zur Folge hat.

Erscheinun-  
gen beim  
chemischen  
Prozeß.

Die durch den chemischen Prozeß eintretenden Veränderungen heißen **chemische Erscheinungen**. Die gewöhnlichsten sind folgende:

**Wärmeentwicklung.** Je nach der Hefigkeit, womit eine Verbindung oder Zersetzung vor sich geht, ist dieselbe von einer mehr oder weniger bedeutenden Temperaturerhöhung begleitet. Die Körper dehnen sich bei ihrer gegenseitigen Durchdringung aus; es muß also mit dem Wiederaufhören derselben Wärme frei werden, welche sich in manchen Fällen bis zum Glühen steigert. So erhitzt sich trockene Strontianerde beim Uebergießen mit concentrirter Schwefelsäure bedeutend, Baryt und Magnesia kommen dabei sogar auf einige Zeit ins Glühen. Kalium, in Wasser geworfen, verbindet sich mit dessen Sauerstoff unter Feuerentwicklung. 2 Theile Terpentinöl brechen beim Zusammentreffen mit einer Mischung von 1 Theil concentrirter Schwefelsäure und 1 Theilen Salpetersäure mit Hefigkeit in Flammen aus. Das chlorsaure Kalk, mit leicht oxydirbaren Stoffen gemischt, zersetzt sich beim Reiben ebenfalls unter Feuerentwicklung. Aber nicht bloß bei Verbindungen, sondern auch bei Zersetzungen bemerkt man oft sehr bedeutende Wärmeentwicklung; so ist die heftige Zersetzung, welche eintritt, wenn Chlorstickstoff bis 96 oder 100° C. erwärmt wird, von einer Feuererscheinung begleitet, obgleich keinerlei Verbindung, sondern einfach eine Zersetzung in Chlor und Stickstoff dabei stattfindet. Selbst bei gewissen eigenthümlichen Abänderungen mancher Verbindungen, wobei sie übergangs keine Veränderung in ihrer Zusammensetzung zu erleiden scheinen (Homere Modification, vgl. Homerie), tritt bisweilen Feuererscheinung ein. Erhitzt man Ictonerde oder Chromoryd bis zum anfangenden Rothglühen, so entsteht eine augenblickliche Feuererscheinung, nach welcher dieselben in Säuren unlöslich sind, ohne in ihrer Zusammensetzung geändert zu werden.

**Verpuffung (Detonation).** Man versteht darunter das Geräusch, welches durch heftige Reibung der Luft entsteht, wenn ein gasförmiger Körper plötzlich aus einer festen Verbindung in Freiheit gesetzt wird. Eine

Verpuffung, welche so heftig ist, daß durch die dabei erfolgende Ausdehnung von Luftarten Gefäße oder überhaupt in der Nähe befindliche Gegenstände zertrümmert und umhergeschleudert werden, heißt **Explosion**. Ein geringerer Grad der Verpuffung ist das **Aufbrausen**, welches entsteht, wenn ein Gas sich allmählig, aber doch mit einem schwachen Geräusch aus einer Flüssigkeit entwickelt; man nennt es **Perlen**, wenn die Gasentwicklung zwar langsam, aber in größeren Mäßen erfolgt.

Die **Fällung**, **Niederschlagung** oder **Präcipitation** erfolgt, wenn durch Verbindung zweier aufgelöster Körper ein unauflöslicher entsteht, oder bei der Zersetzung einer Verbindung ein für sich unauflöslicher Körper ausgeschieden wird. Der unauflösliche Körper triibt anfangs die Flüssigkeit und setzt sich dann unter Aufhellung derselben am Boden des Gefäßes ab. Bisweilen schwimmt er zuerst auf der Oberfläche, durch eingeschlossene Luftbläschen emporgehoben, fällt aber später doch noch zu Boden. Nur in seltenen Fällen ist er an und für sich leichter als die Flüssigkeit und bleibt dann an der Oberfläche, wie die ausgeschiedenen Fettsäuren (Stearin-, Margarim-, Elainsäure).

Das **Zerfallen** findet nur bei wenigen Körpern statt, z. B. beim Kalk, wenn derselbe Wasser und Kohlenäure aus der Luft anzieht. Auch das **Verwittern**, das Zerfallen der Körper durch Einwirkung der Luft (gleichsam der Witterung), gehört hierher; es findet bei Zersetzungen statt, wie beim Verdunsten des Krystallwassers mancher Salze an der Luft, z. B. beim krystallisirten kohlensauren Natron. Der Feldspath verwittert durch den Verlust seines Alkaligehaltes.

Auch das **Zerfließen** rechnet man hierher. Es ist aber nur die Folge einer einfachen Auflösung durch Wasseranziehung hygroskopischer Substanzen aus der Luft.

Die mannichfaltigen Bedingungen, unter welchen sich die verschiedenen Stoffe chemisch verbinden und die Verbindungen derselben wieder zersetzt werden, sind der Hauptsache nach von folgenden Gesetzen abhängig:

1) Jeder einfache, d. h. bis jetzt noch unzerlegte Stoff kann sich mit anderen verbinden, aber meistens nicht mit allen, vielleicht weil man sie noch nicht unter den erforderlichen Umständen damit in Berührung gebracht hat, vielleicht auch bloß deswegen, weil andere entgegenwirkende Naturkräfte, wie Schwerkraft, Cohäsion und Elasticität das Uebergewicht haben.

2) Nur Körper von gleicher Stufe der Zusammensetzung bilden feste Verbindungen, nur einfache mit einfachen u.; doch verhalten sich in dieser Beziehung einige zusammengesetzte Körper, wie Cyan, Ammonium, wie Elemente. Auch nehmen manche Verbindungen noch gewisse Antheile eines ihrer Bestandtheile an. So verbindet sich einfach schwefelsaures Kali mit einem weitem Antheile Schwefelsäure zu doppelt schwefelsaurem Kali und umgekehrt Letzteres mit einem Antheile Kali zu einfach schwefelsaurem.

3) Gewöhnlich verbinden sich Körper nur dann sehr fest, wenn Beide einen gemeinschaftlichen Bestandtheil haben.

4) Bei doppelter Zersetzung ist die Verwandtschaft größer, als beim

Affinitätsge-  
setze bei che-  
mischen Ver-  
bindungen.

stoff, Stickstoff, Chlor u. weg und es sind nach dieser Ansicht:  $\dot{H}$ ,  $\dot{H}$ ,  $HCl$ ,  $KCl$ ,  $HI$ ,  $\ddot{Cl}$ ,  $\dot{N}$ ,  $\ddot{N}$ ,  $\ddot{N}$ ,  $\ddot{N}$ ,  $NH_3$ ,  $H_{10}C_{12}O_{10}$  (Zucker) das nämliche, was die Volumtheorie bezeichnet mit  $\dot{H}$ ,  $\dot{H}$ ,  $H\dot{Cl}$ ,  $K\dot{Cl}$ ,  $H\dot{I}$ ,  $\ddot{Cl}$ ,  $\dot{N}$ ,  $\ddot{N}$ ,  $\ddot{N}$ ,  $\ddot{N}$ ,  $NH_3$ ,  $H_{20}C_{12}O_{10}$ .

So wahrscheinlich aber auch diese Annahme erscheinen mag, so ist doch die Volumtheorie noch von Berzelius und bei Weitem den meisten Chemikern des Continents beibehalten, wie es auch hier geschehen soll, um Verwirrungen und lästige Reductionen zu vermeiden.

Es versteht sich von selbst: Aus je mehr Atomen eine Theorie ein Äq. bestehend denkt, um so kleiner müssen die Atome sein. So ist nach der Annahme, welche ein Äq. Wasserstoff nur aus 1 Atom bestehen läßt, das AG des Wasserstoffs = 12,48, während es die Volumtheorie, welche es sich aus 2 Atomen bestehend denkt, = 6,24 setzt.

2) Wenn sich ein Metall mit dem Sauerstoff nur in einem Verhältnisse zu einer Salzbasis verbindet, so nimmt man, wenn nicht Gründe des Isomorphismus (vgl. Nr. 4) dagegen streiten, dies als eine Verbindung aus 1 Atom Metall und 1 At. Sauerstoff an, z. B. Kali, Natron, Lithion, Baryt, Kalk, Bittererde, gelbes Bleiorpd u. Bei Metallen, welche sich in mehreren Verhältnissen mit Sauerstoff zu Salzbasen verbinden, nimmt man die stärkste Salzbasis als eine Verbindung von 1 Atom Metall und 1 At. Sauerstoff an. So z. B. beim Eisen und Zinn das Drybul, beim Quecksilber und Kupfer das Dryd als die stärkere Basis.

Die Erfahrung hat gelehrt, daß in den neutralen Sauerstoffsalzen die Sauerstoffmenge der Säure zu der Basis in einem festen Verhältnisse je nach der Natur der Säure steht; so ist dasselbe in den Neutralsalzen der Salpeter-, Chlor- und Jodsäure = 5 : 1, der Unterschwefelsäure = 5 : 2, der Schwefel-, Selen- und Mangansäure = 3 : 1, der schwefligen und selenigen Säure = 2 : 1.

Enthält nun nach der obigen Annahme 1 Atom Basis 1 At. Sauerstoff, wie beim Kali, so enthält das Neutralsalz 1 At. Säure, und wenn diese Salpetersäure ist, so enthält sie 5, wenn Schwefelsäure, 3 At. Sauerstoff. Die Zahl der Atome des Radikals der Säure bleibt hierbei unentschieden, kann aber auf andere Weise ermittelt werden. Z. B. chlorsaures Kali ( $K\ddot{O}$ ) wird durch Glühen Chlorkalium ( $K\dot{Cl}$ ), Kali nimmt aber so viel Chlornwasserstoffsäure ( $H\dot{Cl}$ ) auf, daß deren Wasserstoff ( $H$ ) mit dem Sauerstoff ( $O$ ) des Kali Wasser bildet. Da nun Kali nach der Annahme aus 1 At. Kalium ( $K$ ) und 1 At. Sauerstoff =  $KO$  oder  $\dot{K}$ , Wasser aber nach Nr. 1 aus 1 At. Sauerstoff und 2 At. Wasserstoff =  $H_2O$  oder  $\dot{H}$ , die Chlornwasserstoffsäure aus gleichen Atomen  $H$  und Chlor ( $Cl$ ) besteht, so ist 1 At.  $K\dot{Cl}$  aus 1 At.  $K$  und 2 At.  $Cl$ , also 1 At. chlorsaures Kali aus 2 At.  $Cl$  und 5 At.  $O$  zusammengesetzt.

Ähnliche Schlüsse erhält man, wenn die Multipla des Schwefels oder Chlors in einer Reihe von Verbindungen bekannt sind, indem das

durch Zersetzung eines Dryds durch Chlornasserstoffsäure oder Schwefelwasserstoff entstandene Chlor- oder Schwefelmetall diesem Dryde äquivalent ist. Kennt man also in letzterem die Zahl der Sauerstoffatome auf 1 Atom Metall, so hat man auch die Zusammensetzung des Chlor- und Schwefelmetalls und durch die Multipla die der ganzen Verbindungsreihe. Kennt man nur eine Verbindungsstufe, oder kann man wegen Unlöslichkeit die Neutralität nicht ausmitteln, so müssen wieder andere Wahrscheinlichkeitsgründe ausschelfen, so z. B. bei Kiesel (Si) und Bor (B). Die am Häufigsten vorkommenden Kieselsalze enthalten 3 Atome Sauerstoff auf 1 Atom der Basis; man betrachtet diese als neutral und die Kieselsäure ( $\text{Si}$ ) als aus 3 O und 1 Si bestehend. Ebenso beim Bor (B), weil man in neuerer Zeit borsaure Salze entdeckt hat, welche das Sauerstoffverhältnis  $= 6 : 1$  darbieten. Man betrachtet daher den Borsäure, worin dieses Verhältniß stattfindet, obgleich er alkalisch reagirt, als ein saures Salz ( $\text{NaB}_2$ ).

Da sich Kohlenmetalle nicht wie Schwefel- und Chlormetalle bilden lassen, auch das Verhalten des Kohlenstoffs zum Wasserstoff ein ganz anderes ist, als bei Schwefel und Chlor, so hat man beim Kohlenstoff angenommen, daß sich seine Drydationsstufen verhalten wie  $1 : 2$ , und daß in denjenigen kohlenfaueren Salzen, die man wegen ihrer größeren Stabilität als neutral betrachtet, ungeachtet sie alkalisch reagiren, der Sauerstoff der Säure sich zu dem der Basis wie  $2 : 1$  verhält, so daß also 1 At. Kohlenfäure aus 1 At. Kohlenstoff und 2 At. Sauerstoff besteht. Die französischen Chemiker dagegen nehmen darin 1 At. Kohlenstoff auf 1 At. Sauerstoff und daher in den kohlenfaueren Neutralsalzen 2 At. Säure auf 1 At. Basis an.

3) Man nimmt an, daß Stoffe, die sich in physikalischen und chemischen Eigenschaften sehr ähnlich find, sich mit andern Stoffen in derselben Atomzahl verbinden. Sind die Verbindungen des Niekels mit dem Sauerstoff zu  $1 : 1$  und  $2 : 3$  angenommen, so muß dies auch bei dem ihm ganz ähnlichen Kobalt so sein.

Bestimmung der Atomzahl nach der physikalischen u. chemischen Ähnlichkeit.

4) Von größter Wichtigkeit ist die Isomorphie (vgl. S. 35) für Bestimmung der Atomzahlen. Bei einem Stoffe, der einen andern in einer Verbindung ersetzen kann, ohne daß hierdurch deren Krystallform geändert wird, nimmt man an, daß die Verbindung in gleicher Atomzahl stattfindet. Solche isomorphe Gruppen bilden z. B. Kupferoxyd, Eisen- und Manganorydul, Zinkoxyd u., dann Thonerde, Eisenoxyd u., ferner Phosphor- und Arsenfäure.

Bestimmung der Atomzahl nach der Isomorphie.

Dulong und Petit haben eine Bestimmung der Atomzahl auf den Umstand begründet, daß die spezifische Wärme der Elemente bezogen auf gleiche Gewichtsmengen von ihnen im starren Zustande sich umgekehrt verhalte, wie die Atomgewichte, oder, daß das Produkt aus der spezifischen Wärme in das AG für alle Elemente eine und dieselbe konstante Zahl ist. Je ausgedehnter nämlich, also je weniger dicht ein Körper ist, ein um so geringeres spezifisches Gewicht besitzt er. Nun stehen aber die AG der

Physikalische Bestimmung der Atomzahl.

Körper nahezu in geradem Verhältnisse zu ihren specifischen Gewichten, d. h. je schwerer ein Körper im Allgemeinen ist, ein um so größeres AG hat er auch. Nun erfordert aber ein Körper, um in seinem gewöhnlichen Aggregatzustande zu bestehen, um so mehr Wärme (besitzt um so mehr specifische Wärme), je ausgedehnter er, also je geringer sein specifisches Gewicht oder AG ist. Es stehen also specifische Wärme und AG in umgekehrtem Verhältnisse. Wenn also jedesmal der Multiplikator um so größer wird, je kleiner der Multiplicand ist, so muß auch immer ein gleiches Produkt zum Vorschein kommen. — Man findet demnach das AG eines Körpers durch Division dieser constanten Zahl durch die specifische Wärme.

Inwiefern dieses Gesetz begründet sei, ergibt sich aus folgender Tafel, worin die specifische Wärme des Wassers = 1 gesetzt ist:

Elemente	Specifische Wärme	Atomgewicht nach Berzelius	Produkt aus der specifischen Wärme ins AG
Wismuth	0,0288	886,9	25,54
Blei	0,0293	1294,5	37,93
Gold	0,0298	1243,0	37,04
Platin	0,0314	1233,3	38,73
Zinn	0,0514	735,3	37,79
Silber	0,0557	1351,6	75,29
Zink	0,0927	403,2	37,38
Tellur	0,0912	802,1	73,15
Kupfer	0,0949	395,7	37,55
Nickel	0,1035	369,7	38,26
Eisen	0,1100	339,2	37,31
Kobalt <sup>1)</sup>	0,1498	369,0	55,28
Schwefel	0,1880	201,16	37,80

Man sieht, daß die meisten AGS in demselben Verhältnisse abnehmen, in welchem die specifische Wärme der Körper für gleiche Gewichte zunimmt, wodurch man bei Multiplication beider Zahlen so wenig verschiedene Produkte erhält, daß man die kleinen Differenzen auf Rechnung von Beobachtungsfehlern bringen kann. Nur bei 4 finden sich bedeutende Abweichungen, bei Silber und Tellur ist das Produkt doppelt, beim Wismuth  $\frac{2}{3}$  und beim Kobalt  $\frac{1}{3}$  so groß als bei den übrigen. Dulong und Petit schlossen daraus, daß die wahren AGS dieser Stoffe nur Bruchtheile der oben angegebenen AGS seien. Da aber hiergegen triftigere Gründe der Analogie u. sprechen, so hat man diese Regulirung nicht gelten lassen, und der Schluß von Dulong und Petit, daß die Atome gleiche Wärmecapacität besitzen, scheint dahin beschränkt werden zu müssen, daß zwischen ihren Wärmecapacitäten ein einfaches Verhältniß stattfindet. Die Wärmecapacität der zusammengesetzten Stoffe ist noch zu wenig untersucht, um auch hier solche einfachen Verhältnisse auffinden zu können. Diese Ableitung

1) Nach Regnault ist die specifische Wärme des Kobalts der des Nickels gleich.

aus der specifischen Wärme kann jedoch nur zur Feststellung der Zahlen, nicht aber der Gewichte der Atome dienen, da schwer zu sagen ist, ob die Angaben der specifischen Wärme der Körper richtig sind.

Obgleich Mischungsge wicht und Atomgewicht häufig verwechselt werden, so ergibt sich doch aus dem Gesagten hinlänglich der Unterschied zwischen Beiden.

Die MGS verhalten sich zu den AGS wie empirische Zahlenwerthe zu wissenschaftlichen. Nicht alle AGS fallen mit den entsprechenden MGS zusammen, sie sind oft nur die Hälfte der MGS. Man nimmt mehrere At. als aus 2 Atomen bestehend an, obgleich man keine Verbindungen kennt, in welchen diese Atome einzeln vorkommen, aus den eben angeführten Gründen der Wahrscheinlichkeit. Das Atomgewicht ist sonach die durch Division des Äquivalents durch die in dem At. enthaltene Anzahl der Atome (Atomzahl) erhaltene Zahl.

Das Verfahren, die AGS zu ermitteln ist für die verschiedenen Elemente verschieden je nach der Möglichkeit, sie durch einen oder den andern Stoff in ihren Verbindungen vertreten zu lassen. Da jedoch der Raum nicht gestattet, sie hier einzeln aufzuführen, so muß in dieser Beziehung auf Berzelius' Lehrbuch der Chemie, 5 Aufl. 1845. Bd. 3. S. 1181—1231, oder Buchner's Lehrbuch der analytischen Chemie und Stöchiometrie, 1836. S. 851—876 verwiesen werden.

Um die stöchiometrische Zusammensetzung einer chemischen Verbindung schnell übersehen zu können, hat Berzelius statt der älteren mangelhaften Zeichen neue viel leichter verständliche Zeichen für die Elemente eingeführt, welche für zusammengesetzte Körper zugleich die Atomzahlen mit angeben.

Jedes Element wird durch den Anfangsbuchstaben seines lateinischen Namens ausgedrückt. Haben zwei oder mehrere Elemente den nämlichen Anfangsbuchstaben, so wird der zweite oder irgend ein anderer bezeichnender Buchstabe des Wortes hinzugefügt. So bezeichnet z. B. O den Sauerstoff, Oxygenium; Os aber das Metall Osmium; F Fluor; Fe Eisen; H Wasserstoff, Hydrogenium; Hg Quecksilber, Hydrargyrum; C Kohlenstoff, Carboneum; Cl Chlor. Nachstehendes Verzeichniß gibt die chemischen Zeichen für alle bis jetzt genauer bekannt gewordenen Elemente:

Aluminium	Al	Cerium	Ce	Kobalt (Cobaltum)	Co
Antimon (Stibium)	Sb	Chlor	Cl	Kohlenstoff (Carboneum)	C
Arsen	As	Chrom	Cr	Kupfer (Cuprum)	Cu
Baryum	Ba	Eisen (Ferrum)	Fe	Lanthan	La
Beryllium	Be	Fluor	F	Lithium	Li
Blei (Plumbum)	Pb	Gold (Aurum)	Au	Magnesium	Mg
Bor	B	Jod	I	Mangan	Mn
Brom	Br	Strontium	Ir	Molybdän	Mo
Cadmium	Cd	Kalium	K		
Calcium	Ca	Kiesel (Silicium)	Si		

Natrium	Na	Schwefel	S	Uran	U
Nickel	Ni	Selen	Se	Vanadium	V
Osmium	Os	Silber (Argentum)	Ag	Wasserstoff (Hydrogenium)	H
Palladium	Pd	Stickstoff (Nitrogenium)	N	Wismuth (Bismuthum)	Bi
Phosphor	P	Strontium	Sr	Wolfram	W
Platin	Pt	Tantal	Ta	Yttrium	Y
Quecksilber (Hydrargyrum)	Hg	Tellur	Te	Zink	Zn
Rhodium	Rh	Thorium	Th	Zinn (Stannum)	Sn
Sauerstoff (Oxygenium)	O	Titan	Ti	Zirkonium	Zr

Chemische Formeln.

Ein solches Zeichen bedeutet als chemische Formel ein Atom des Elements, welches damit bezeichnet wird. Mehrere Atome eines Elements werden durch Zahlen ausgedrückt, die man dem Zeichen vorsetzt, wenn es für sich allein steht, oder die Zahl für eine Verbindung von mehreren nebeneinander stehenden Elementen gilt. So bezeichnet 2 Fe zwei Atome Eisen, 2 FeO zwei Atome einer Verbindung aus 1 At. Sauerstoff und 1 At. Eisen oder 2 At. Eisenorydul. Bezieht sich die Zahl bloß auf ein einzelnes Element einer Verbindung, so wird sie als kleine Ziffer rechts unten angehängt; so drückt die Formel  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  1 Atom einer Verbindung von 2 At. Eisen mit 3 At. Sauerstoff, oder 1 At. Eisenoryd und 2  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  2 At. Eisenoryd aus.

Um die Vertheilung der Elemente in einer Verbindung in nähere Bestandtheile auszudrücken, bedient man sich gewöhnlich eines zwischen die einzelnen Glieder einer Verbindung gesetzten Punktes, Komma's oder Pluszeichens. Z. B. schwefelsaures Eisenorydul besteht aus 1 At. Eisen, 1 At. Schwefel und 4 At. Sauerstoff  $\text{FeSO}_4$ . Nach der Annahme, daß in diesem Salze die erwähnten Elemente zu Eisenorydul und Schwefelsäure geordnet sind, ergibt sich die Formel  $\text{FeO}.\text{SO}_3$ , oder  $\text{FeO},\text{SO}_3$ , oder  $\text{FeO} + \text{SO}_3$ .

Bei Verbindungen zweiter Ordnung scheidet das Pluszeichen die nähern und der Punkt oder das Komma die entferntern Bestandtheile, z. B.  $\text{FeO}.\text{SO}_3 + \text{KO}.\text{SO}_3$  ein Doppelsalz aus schwefelsaurem Eisen und schwefelsaurem Kali, oder man nimmt bei bloßer Anwendung des Pluszeichens Paranthesen zu Hülfe, z. B.  $(\text{FeO} + \text{SO}_3) + (\text{KO} + \text{SO}_3)$ .

Man setzt in den chemischen Formeln gewöhnlich das elektropositive Element, z. B. das Metall, oder in Salzen die Basis voraus, man schreibt daher  $\text{KO}.\text{SO}_3$  und nicht  $\text{O}_3\text{S}.\text{OK}$ .

Abkürzung der chemischen Formeln.

In vielfach zusammengesetzten Verbindungen werden die Formeln oft sehr lang und schwer zu übersehen, Berzelius hat deswegen einige Abkürzungen angebracht.

Man kann 2 Atome eines Elements mittelst eines Horizontalstriches durch das untere Drittheil des Buchstabens ausdrücken, z. B.  $\text{Fe}_2$ ,  $\text{Al}_2$ ,  $\text{C}_2$  2 Atome Eisen, Aluminium oder Kohlenstoff.

Die Sauerstoffatome der Dryde und Säuren bezeichnet Berzelius durch Punkte, z. B.  $\text{Fe}\ddot{\text{S}} = \text{FeO} + \text{SO}_2$ ;  $\ddot{\text{Cl}} = \text{Cl}_2\text{O}_6$ ;  $\ddot{\text{Cl}} = \text{Cl}_2\text{O}_7$ . Sehr lange Formeln erhalten dadurch eine bedeutende Kürze und gewähren dabei eine viel leichtere Übersicht, z. B. für den Alaun  $\text{K}\ddot{\text{S}} + \text{Al}\ddot{\text{S}} + 24\text{H}$  statt  $\text{KO.OS}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3.\text{SO}_3 + 24\text{H}_2\text{O}$ .

Wie die Sauerstoffatome durch Punkte, bezeichnet man auch die Schwefelatome durch Kommate über den Zeichen der Elemente, z. B.  $\text{K} = \text{KS}$ ;  $\text{K} = \text{KS}_2$ ;  $\text{As}''$  oder  $\text{As}''' = \text{AsS}_3$  Arsenpersulphid.

Die organischen Säuren werden wie die Elemente durch die Anfangsbuchstaben ihres lateinischen Namens bezeichnet mit darübergesetztem Minuszeichen als elektronegative Substanzen. Z. B.  $\bar{\text{A}}$  Essigsäure Acidum aceticum,  $\bar{\text{B}}$  Benzoesäure A. benzoicum,  $\bar{\text{C}}$  Citronensäure A. citricum,  $\bar{\text{F}}$  Ameisensäure A. formicum,  $\bar{\text{G}}$  Gallussäure A. gallicum,  $\bar{\text{H}}$  Humussäure A. humicum,  $\bar{\text{L}}$  Milchsäure A. lacticum,  $\bar{\text{M}}$  Äpfelsäure A. malicum,  $\bar{\text{O}}$  Oxalsäure A. oxalicum,  $\bar{\text{Q}}$  Eichengerbsäure A. quercitannicum,  $\bar{\text{S}}$  Bernsteinsäure A. succinicum,  $\bar{\text{T}}$  Weinsäure A. tartaricum,  $\bar{\text{Uv}}$  Traubensäure A. uvicum,  $\bar{\text{U}}$  Ulmsäure,  $\bar{\text{V}}$  Valeriansäure u.

Die Alkaloide werden durch die Anfangsbuchstaben ihres lateinischen Namens mit darübergesetztem Pluszeichen als electropositive Substanzen bezeichnet, wie  $\text{Ch}^+$  Chinin,  $\text{Ci}^+$  Cinchonin,  $\text{M}^+$  Morphin,  $\text{St}^+$  Strychnin.

Die chemischen Zeichen der Mineralogen weichen einigermaßen von den rein chemischen ab. Es ist nämlich darnach:

$\text{S} = 1$ At. Kieselsäure	$\text{F} = 1$ At. Eisenoryd
$\text{A} = \text{'' ''}$ Thonerde	$\text{f} = \text{'' ''}$ Eisenorydul
$\text{C} = \text{'' ''}$ Kalkerde	$\text{Mn} = \text{'' ''}$ Manganoryd
$\text{K} = \text{'' ''}$ Kali	$\text{mn} = \text{'' ''}$ Manganorydul
$\text{N} = \text{'' ''}$ Natron	$\text{aq} = \text{'' ''}$ Wasser u.

### Isomorphie.

Eine von Gay-Lussac angeregte und von Mitscherlich ausgeführte Beobachtung hat gezeigt, daß gewisse Körper bei analoger Zusammensetzung gleiche Krystallformen haben. Solche Körper heißen **isomorph**, die Lehre von dieser Analogie oder dem **Isomorphismus** heißt **Isomorphie**.

Es sind also nicht alle Körper von gleicher Krystallform isomorph. Ungleiche Krystallform bei analoger Zusammensetzung heißt **Heteromorphismus** <sup>Heteromorphismus.</sup>.

Im weitern Sinne heißen isomorphe Körper solche, welche mit glei-

1) Nicht zu verwechseln mit Isomerie: Gleiche Zusammensetzung derselben Bestandtheile. Vgl. Isomerie S. 39.



chen Stoffen in gleicher Quantität verbunden stets dieselbe Krystallform haben. So sind Phosphor und Arsen, Phosphorsäure und Arsensäure isomorph, da sie mit gleichen Körpern verbunden stets dieselbe Krystallform annehmen, ebenso Schwefelsäure, Selenensäure und Chromsäure, Alaunerde, Manganoryd, Eisen- und Chromoryd; Überchlor- und Übermangansäure etc.

Solche Körper zeigen entweder auch für sich einander gleiche Krystallform, wie Arsen und Antimon (beide spitzige Rhomboeder), oder eine verschiedene, wie Titan (in Würfeln) und Zinn (in sechsseitigen Säulen), obgleich Titan- und Zinnoryd in quadratischen Säulen krystallisiren, also isomorph sind. Doch ist es möglich, daß diese Verschiedenheit auf Dimorphismus (s. unten) beruht. Die Vertretung erfolgt nicht bloß nach gleichen, sondern auch nach ungleichen Äquivalentzahlen. So vertritt im übermangansäuren Kali ( $\text{K}^{\text{III}}\text{Mn}$ ) ein Äq. Chlor = Cl zwei Äq. Mangan  $\text{Mn}$  zu überchlorsaurem Kali  $\text{K}^{\text{III}}\text{Cl}$ .

### Dimorphie und Trimorphie.

So wie verschiedenartige Körper einerlei Krystallform annehmen, so kann umgekehrt ein und derselbe Körper zwei und selbst drei verschiedene Krystallformen annehmen, gewöhnlich, wenn er bei verschiedenen Temperaturen krystallisirt. Ein solcher Körper heißt dann im ersten Falle dimorph, im letzteren trimorph. Damit steht auch gewöhnlich Verschiedenheit des specifischen Gewichts, der Härte, selbst des Geruchs, wie beim Phosphor und Arsenik, des Geschmacks und der Auflöslichkeit, wie bei den entsprechenden arsen- und phosphorsauren Salzen, und vieler andern Eigenschaften in Verbindung<sup>1)</sup>.

Das Quecksilberjodid krystallisirt aus Auflösungen und bei der Sublimation in gelinder Wärme in scharlachrothen quadratischen Tafeln, durch Sublimation bei höherer Temperatur in schwefelgelben rhombischen Tafeln. Die rothen Krystalle werden bei jedesmaligem Erwärmen gelb, beim Erkalten wieder roth. Die gelben bleiben beim Erkalten unverändert, aber bei der geringsten Reibung oder Berührung mit einer Spitze färbt sich der berührte Punkt scharlachroth und diese Farbe pflanzt sich von da über die ganze Masse fort, welche dann durch Erwärmen wieder gelb, beim Erkalten wieder roth wird.

Das schwefelsaure Nickeloryd krystallisirt unter 15° C. in geraden rhombischen Säulen, zwischen 15 und 20° in spizen quadratischen Octaedern und über 30° in schiefen rhombischen Säulen, ist also trimorph.

Der Kohlenstoff bildet als Diamant durchsichtige farblose Octaeder, als Graphit metallisch glänzende, bleigraue, undurchsichtige, sechsseitige Tafeln.

Der Schwefel krystallisirt aus einer Auflösung in Schwefelkohlenstoff, oder Terpentinöl unter 36° C. in rhombischen Octaedern, in welchen er

1) Den Unterschied zwischen Dimorphie und Isometrie s. unter Isometrie S. 39.

auch natürlich vorkommt, beim Erkalten des geschmolzenen Schwefels in schiefen rhombischen Säulen.

Auch an Körpern, die nicht krystallisiren oder eine unbestimmte Krystallgestalt zeigen, bemerkt man bisweilen eine beträchtliche Veränderung der Eigenschaften. So ist das durch Fällen von Quecksilberchloridlösung erhaltene Schwefelquecksilber schwarz, während das sublimirte und durch Schütteln von Quecksilber mit Schwefelkaliumlösung bereitete roth (Zinnober) ist.

Diese Farbverschiedenheiten sind permanent und daher nicht zu verwechseln mit den von der Temperatur abhängigen vorübergehenden. So wird z. B. Jinkoryd durch starkes Erhitzen citronengelb, beim Erkalten wieder weiß, die bei mittler Temperatur orangegelbe salpetrige Säure unter 0° fast farblos und in höherer Temperatur viel dunkler.

Manche Körper kommen nur selten in der einen ihrer dimorphen Formen vor, und es ist möglich, daß noch viele Körper dimorph sind, deren eine Form nur der Beobachtung entging, weil sie zu selten vorkommt, so, daß der bisher angenommene Heteromorphismus (s. S. 35) vielleicht nur darauf beruht, daß gerade die isomorphe Gestalt heteromorpher Körper bei einem Körper gewöhnlich, beim andern aber so selten vorkommt, daß sie noch nicht beobachtet wurde, so, daß vielleicht alle Körper dimorph sind und keiner existirt, der nicht mit einem andern isomorph wäre.

### Amorphie.

Die festen Körper kommen nicht immer in Krystallform vor, sondern auch oft im amorphen Zustande<sup>1)</sup>. Es fehlt ihnen dann nicht bloß die äußerliche, sondern auch bis auf die kleinsten Theile jede Art von krystallinischer Textur und Blätterdurchgang, sie sind nach allen Richtungen gleich leicht oder schwierig trennbar und zeigen keinen körnigen, sondern einen muscheligen Bruch.

Ein und derselbe Körper kommt je nach den Umständen bei seinem Übergange aus dem flüssigen in den festen Zustand bald krystallisch, bald amorph vor. Manche haben mehr Neigung zum krystallischen, manche mehr zum amorphen Zustande, und viele kennt man bloß in dem einen dieser Zustände. Mit dem krystallisirten Zustande steht in der Regel größeres specifisches Gewicht und Härte und geringere Löslichkeit und Schmelzbarkeit in Verbindung, als mit dem amorphen. Letzterer tritt gewöhnlich bei rascher Erstarrung, namentlich bei zähen Flüssigkeiten ein.

Der amorphe Zustand kann entstehen:

1) Durch Schmelzung, welche dann Verglasung heißt, z. B. gewöhnliches Glas, viele Schlacken, Bimsstein, verglaste Bor-, Phosphor-,

1) Dies ist nicht zu verwechseln mit dem, was die Mineralogen dergl. nennen, da solche Körper gewöhnlich aus Krystallen bestehen, die nur zu klein sind, um sie mit bloßen Augen erkennen zu können. Ebenso ist es mit vielen flockigen, anscheinend amorphen Niederschlägen u.

arsenige und Arseniksfäure, verglaster Borax. Solche amorph erstarrende Körper bilden einen zähen Fluß. Geschmolzene Massen, welche beim Erstarren durchsichtig erscheinen, sind in der Regel als amorph zu betrachten, als krystallisirt hingegen, wenn sie sich beim Erstarren trüben oder undurchsichtig werden, wie Kalihydrat, kohlensaures Kali, welche als ein Conglomerat von kleinen Krystallen zu betrachten sind, die durch ihre verschiedenen Richtungen den Lichtdurchgang hindern.

2) Durch Abdampfung der Lösung. So bleiben Gummi, Leim, Eiweiß, Wasserglas und die meisten Harze dabei amorph zurück, weil sie, noch in sehr wenig des Lösungsmittels auflöslich, damit so dicke Lösungen bilden, daß hierdurch die krystallische Ausscheidung gehindert wird.

3) Durch Fällung. Die meisten oder alle voluminösen, gallertigen und schleimigen Niederschläge sind als amorph zu betrachten. Einige davon behalten diesen Zustand und vertrocknen zu erdigen oder durchscheinenden Massen von muscheligem Bruch, wie Kieselsäure und Alaunerde, andere vereinigen sich später noch zu einem Aggregat von Krystallen, wie Harnsäure und kohlensaurer Kalk.

Körper, welche sowohl im amorphen als krystallisirten Zustande vorkommen, sind:

Der Kohlenstoff krystallisirt im Diamant und Graphit und ist amorph in der Kohle.

Im Dunkeln unter Wasser aufbewahrter Phosphor überzieht sich mit einer weißen Rinde, welche reiner Phosphor ist und bei 40° C. wieder zu gewöhnlichem Phosphor zusammenschmilzt. Gmelin glaubt, daß einer von beiden ein amorpher sei.

Bis zur Dickflüssigkeit erhitzter, in Wasser gegossener Schwefel erstarrt zum weichen hyacinthrothen Glase, welches aber nach einigen Tagen wieder krystallinisch, d. h. undurchsichtig und gelb wird.

Auch das Platinschwarz scheint wegen seiner auffallenden Eigenschaften amorph zu sein.

Das gewöhnliche amorphe Glas krystallisirt bei sehr langsamen Erkalten.

Das bleigraue Grauspießglanzerz ist krystallisirtes, der braunrothe Mineralermes amorphes Schwefelspießglanz (Sb). Der Kermes, bei Luftabschluß geschmolzen, bildet beim Erkalten eine mit dem Grauspießglanz übereinkommende Masse, umgekehrt bildet das Grauspießglanzerz durch schnelles Abkühlen in Wasser nach längerem Schmelzen eine zwar bleigraue Masse, die aber in dünnen Schichten das Licht mit dunkelhyacinthrother Farbe durchläßt, von muscheligem Bruche, und die beim Zerreiben ein rothbraunes Pulver liefert, welches nur etwas dunkler als Kermes ist.

Geschmolzener Zucker, z. B. als Gerstenzucker und Bonbons, befindet sich im glasigen Zustande, geht aber nach einiger Zeit in den krystallisirten über, wird trüb. Man nennt dies beim Zucker Absterben. Einige Körper gehen umgekehrt durch nicht bis zum Schmelzen gehende Erhitzung in

den krystallisirten Zustand über. Es beruht hierauf das **Todtbrennen** des Gypses, wonach er nicht mehr mit Wasser erhärtet, und das **Entglasen** des Glases, wenn man es längere Zeit in der Hitze weich erhält, in Folge der Trennung der Silicate von einander und deren Krystallisation.

### Isomerie.

Körper von gleicher Zusammensetzung heißen, wie bereits angegeben, **dimorph**, oder **trimorph**, wenn ihre physikalischen Eigenschaften verschieden sind. Sind nebst den physikalischen auch die chemischen Eigenschaften verschieden, so heißen die Körper **isomer**, wenn man keinen Grund hat, anzunehmen, daß ihre gleichen entfernten Bestandtheile zu ungleichen näheren Bestandtheilen verbunden sind. Sie sind trotz der Gleichheit ihrer Zusammensetzung völlig verschiedene Substanzen, die nicht, wie die dimorphen Körper durch bloße Temperaturveränderung oder mechanische, sondern nur durch chemische Einwirkung in einander umgewandelt werden können.

Viele der hierher gezählten Verbindungen sind später als polymer (s. unten) erkannt worden. Nur die Phosphorsäure, tellurige und Tellursäure, das Zinnoryd und die Weinsäure läßt man bis jetzt noch für isomere Substanzen gelten.

Die Phosphorsäure kommt in drei isomeren Abänderungen vor, als die gewöhnliche, Pyro- und Metaphosphorsäure. Außer anderen Verschiedenheiten unterscheiden sie sich hauptsächlich durch verschiedene Sättigungscapacität. Die gewöhnliche sättigt 3, die Pyrophosphorsäure 2 und die Metaphosphorsäure 1 Atom Basis. Die gewöhnliche geht in diese Abänderungen über, wenn sie mit ein oder zwei Atomen Basis geglüht wird, und bleibt unverändert beim Glühen mit 1 Atom. Diese Abänderungen gehen durch längere Berührung oder Kochen mit vielem Wasser wieder in die gewöhnliche über.

Die tellurige und Tellursäure zeigen zwei durch ihre Löslichkeit verschiedene Modifikationen.

Das aus Zinnchlorid durch Alkalien gefällte Zinnoryd ist viel leichter in Säuren löslich, als das aus Zinn durch Salpetersäure erzeugte, welches auch noch im gelösten Zustande ein ganz anderes Verhalten zeigt.

Ebenso sind auch in ihrer Löslichkeit und dem chemischen Verhalten völlig verschieden die Wein- und Traubensäure, obgleich beide vollkommen gleich zusammengesetzt sind. Man hat sie bisher noch nicht in einander umwandeln können.

### Polymerie.

Verbindungen von verschiedenen physikalischen und chemischen Eigenschaften bei gleichem Verhältnisse in ihrer Zusammensetzung heißen **polymer**, wenn sich ihre Verschiedenheit aus der Annahme erklären läßt, daß die relative Anzahl der Atome ihrer Bestandtheile, also auch die procentige Zusammensetzung zwar gleich, die absolute aber ungleich sei. Wenn z. B. eine polymere Verbindung aus 1 Atom A und 3 Atomen B besteht, so

kann die andere aus 2 A und 6 B, eine dritte aus 3 A und 9 B bestehen. Das Gewicht des zusammengesetzten Atoms wird hierdurch verschieden, während das Verhältniß der Bestandtheile in allen diesen Verbindungen gleich bleibt. Diese Annahmen ergeben sich aus der Sättigungscapacität dieser Verbindungen. (Vgl. S. 30. Nr. 2). Milchsäure z. B. besteht ebensowohl wie das Stärkmehl aus 44,91 Theilen Kohlenstoff, 5,11 Wasserstoff und 48,98 Sauerstoff. Man könnte also danach glauben, Milchsäure und Stärkmehl enthielten gleiche Äq. C, H und O; allein da 100 Milchsäure 135 Bleioryd sättigen, in der Milchsäure aber 48,40 Sauerstoff und im Bleioryd 9,68 O sich verhalten  $= 5 : 1$ , so nimmt man das 5fache Äq. O in der Milchsäure an und schreibt  $C_6H_{10}O_5$ , während man aus ähnlichem Grunde das Stärkmehl den Äqq. nach sich aus  $C_{12}H_{20}O_{10}$  bestehend denkt; denn 100 Stärkmehl sättigen nur die halbe Quantität Bleioryd  $= 67,5$  Th., in welchen nur 4,84 O enthalten sind. Da sich  $4,84 : 48,40 = 1 : 10$  verhält, so müssen in 1 Äq. Stärkmehl 10 Äq. O enthalten sein.

Außer den unter „Isomerie“ aufgezählten Verbindungen, welche vielleicht alle noch zur Polymerie gerechnet werden dürften, kommen besonders viele bei den organischen Verbindungen vor.

Folgende Verbindungen enthalten alle 1 Th. Wasserstoff auf 2 Th. Kohlenstoff: Steinöl und ölbildendes Gas  $CH_4$ , Eupion  $C_8H_{12}$ , flüchtiges Öl des Ölgases  $C_8H_{14}$ , Weinöl  $C_{10}H_{18}$  u.

### Metamerie.

Körper, aus denselben entfernteren, aber verschiedenen näheren Bestandtheilen und nach gleichen Zahlenverhältnissen zusammengesetzt bei verschiedenen physikalischen und chemischen Eigenschaften, heißen metamer. Sie sind daher immer Verbindungen einer höheren Ordnung und zwar nur organische.

So besteht der Eisessig und der Ameisensäuremethylenäther aus 4 Kohlenstoff, 8 Wasserstoff und 4 Sauerstoff, welche aber in Ersterem zu Essigsäure und Wasser  $= C_2H_4O_2 + H_2O$ , in Letzerem zu Ameisensäure und Methylenäther  $= C_2H_2O_2 + C_2H_6O$  geordnet sind.

### Einteilung der chemischen Verbindungen.

1) Nach der Zahl der Bestandtheile. Die Verbindung eines einfachen Körpers mit einem andern einfachen heißt eine binäre Verbindung, eine ternäre enthält drei, eine quaternäre vier Elemente.

2) Nach der Einfachheit oder Zusammengesetztheit der Bestandtheile unterscheidet man:

Verbindungen erster Ordnung, wenn die Bestandtheile der Verbindung Elemente sind — z. B. Schwefelsäure besteht aus Schwefel und Sauerstoff, Kali aus Kalium und Sauerstoff, Thonerde aus Aluminium und Sauerstoff.

Verbindungen der zweiten Ordnung entstehen durch Ver-

bindung von solchen der ersten Ordnung. So entsteht aus Schwefelsäure und Kali schwefelsaures Kali, aus Schwefelsäure und Thonerde schwefelsaure Thonerde.

Verbindungen der dritten Ordnung entstehen durch Zusammensetzung aus denen der vorigen. So entsteht aus schwefelsaurem Kali und schwefelsaurer Thonerde schwefelsaure Kalithonerde oder Alaun.

3) Nach ihrem Vorkommen in der Natur theilt man sie ein in organische und anorganische Verbindungen. Unter Ersteren versteht man jene, welche nur durch lebende Organismen hervorgebracht werden, die Erzeugnisse der Lebenskraft. Die neuere Chemie hat zwar viele derselben künstlich in einander umwandeln, aber noch sehr wenige aus anorganischen Stoffen wirklich erzeugen gelehrt. Verbindungen, welche sich in der sogenannten leblosen Natur erzeugen, im Mineralreiche oder auf dem Wege der Kunst, heißen anorganische. Viele von ihnen werden indeß auch im organischen Leben erzeugt. Während die Mannfaltigkeit der Letzteren auf Verschiedenheit der Elemente beruht, aus denen sie bestehen, gründet sie sich bei den organischen Verbindungen auf die Mannfaltigkeit der Verbindungsweise von nur wenigen Elementen, indem diese fast nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen, wozu bei den wenigsten noch Stickstoff, noch seltener aber Schwefel und Phosphor hinzukommt. Die anorganischen Verbindungen sind binäre, die organischen meist ternäre, oder quaternäre Verbindungen, wenn man sich Letztere nicht aus Verbindungen von Elementen mit binären Verbindungen bestehend denkt. Diese Einteilung der Verbindungen begründet auch die gewöhnliche Einteilung der Chemie in organische und anorganische. Erscheint auch dieselbe in manchen Beziehungen etwas gezwungen, so bringt sie doch zur leichteren Übersicht ihren Gegenstand in zwei im Ganzen wesentlich verschiedene Abtheilungen, wovon der einfachere, anorganische Theil dem Studium des schwierigeren organischen gewöhnlich vorangeht.

4) Nach dem elektrischen Verhalten theilt man die Verbindungen wie die Elemente ein in elektronegative und elektropositive. Der positive Bestandtheil einer Verbindung erster Ordnung heißt im Allgemeinen das Radikal<sup>1)</sup>; den negativen nennen Einige mit Deffs den Zünder, weit gewöhnlicher aber heißt er bloß der elektronegative Bestandtheil. Der positive Bestandtheil einer Verbindung zweiter Ordnung heißt Basis, der negative Säure. Säuren und Basen.

Wie die Elemente bald negativ, bald positiv sich verhalten, je nachdem sie mit negativen oder positiven Körpern zusammenkommen, so können auch Verbindungen, welche sich gegen positive Stoffe wie Säuren verhalten, gegen negative als Basen auftreten; doch findet dieses entgegengesetzte Verhalten nur bei wenigen in gleichem Maasse statt. Bei den mei-

1) Doch heißen Radikale bisweilen auch alle constanten Faktoren ganzer Reihen von chemischen Verbindungen. Man unterscheidet dann positive und negative Radikale.

sten ist eine dieser Richtungen so vorwaltend, daß man die einen eigentlich nur als Säuren, die andern nur als Basen kennt.

Diejenigen, welche weder den Charakter der Säure, noch den der Basis in ausgezeichnetem Grade besitzen, heißen **amphotere** oder **indifferente Stoffe**. Sie gehören größtentheils der Abtheilung der organischen Stoffe an, wie Zucker, Gummi, Stärkmehl, Eiweiß, Harz. Die Radikale der anorganischen Säuren sind meist sehr negative Elemente, wie Schwefel, Chlor, Jod, Brom, Stickstoff, die der anorganischen Basen sehr positive, wie die Metalle.

Früher waren diese Begriffe enger, namentlich der der Säure, worunter man nur sauer reagirende, d. h. Lackmus roth färbende Verbindungen verstand, allein es gibt entschiedene Säuren, welche diese Eigenschaft wegen ihrer Unlöslichkeit nicht zeigen, wie die Kieselsäure. Doch kommt ihnen wenigstens größtentheils diese Eigenschaft zu, da die meisten davon löslich sind; sie besitzen dann gewöhnlich einen sauren Geschmack, welcher jedoch auch fehlen kann; so hat die Bor säure, obgleich in Wasser auflöslich, keinen sauren, sondern einen bitterlichen Geschmack. Die löslichen Basen zeigen einen mehr scharfen oder bitteren Geschmack, stellen die geröthete Lackmusfarbe wieder her und färben Weilsenfaß grün.

Eintheilung  
der Säuren.

Die Säuren werden eingetheilt nach ihrem constanten Bestandtheil in **Sauerstoff-, Wasserstoff-, Schwefel-, Selen- und Tellursäuren**. In den drei letzten Säuren bilden Schwefel, Selen und Tellur den negativen Bestandtheil, wodurch sich z. B. Schwefelsäure als Gattungsbegriff von der gewöhnlich sogenannten Schwefelsäure unterscheidet, in welcher Schwefel den positiven, Sauerstoff den negativen Bestandtheil ausmacht, während man z. B. eine elektronegative Schwefelverbindung wie Schwefelarsen, Schwefelantimon u. zur Classe der Schwefelsäuren rechnet.

Die **Sauerstoffsäuren**, oder jene Säuren, die Sauerstoff zum constanten Bestandtheil haben, unterscheidet man wieder in solche mit einfachem und solche mit zusammengesetztem Radikal. Zu den Erstern gehören außer den Sauerstoffsäuren der elektronegativen Nichtmetalle, wie Schwefel, Stickstoff, Chlor, Brom, Jod, Selen, Phosphor, Kohlenstoff, Bor, Kiesel, auch die höheren Sauerstoffverbindungen mehrerer elektronegativen Metalle, wie Arsen, Chrom, Antimon u., die sogenannten **Metallsäuren**. Die Sauerstoffsäuren mit zusammengesetztem Radikal werden ebenfalls in zwei Classen getheilt, in solche, deren Radikal nur aus zwei Elementen, Kohlenstoff und Wasserstoff, oder Kohlenstoff und Stickstoff besteht, und in solche, deren Radikal drei Elemente enthält, gewöhnlich Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff. Zur ersteren Abtheilung gehören die Pflanzen-, zur letzteren ein großer Theil der Thiersäuren.

Die meisten Säuren enthalten einen Antheil Wasser, welches nicht davon abgeschieden werden kann, ohne die Säuren mit einem anderen Körper zu verbinden. Dieser Wassergehalt mindert ihre sauren Eigenschaften nicht, sondern erleichtert vielmehr die Verbindung mit anderen Stoffen;

dem völlig wasserfreie Körper wirken bei gewöhnlicher Lufttemperatur selten oder nicht auf einander.

Die Wasserstoffsäuren bestehen aus Wasserstoff und einem electronegativen Körper, wie Schwefel, Fluor, Chlor, Brom, Jod, Phosphor u. Ihr Radikal ist, insofern man unter Radikal den positiven Bestandtheil einer Verbindung versteht, der Wasserstoff; doch wird nach Analogie der Sauerstoffsäuren, wo man unter Radikal nicht den constanten, sondern den wechselnden Bestandtheil begreift, auch bei den Wasserstoffsäuren sehr häufig nicht der positive (hier der constante) Bestandtheil, der Wasserstoff verstanden, sondern (der wechselnde) der negative, Schwefel, Fluor, Chlor u.

Die Wasserstoffsäuren sind sehr starke Säuren und in ihren physischen Eigenschaften den Sauerstoffsäuren vollkommen ähnlich; allein sie verbinden sich nicht mit Sauerstoffbasen, wie man früher annahm, sondern zersetzen sich mit denselben so, daß ihr Wasserstoff sich mit dem Sauerstoff der Base zu Wasser, ihr electronegativer Bestandtheil aber mit dem Radikal der Base verbindet. So dachte man sich z. B. die Einwirkung der Hydrochlorsäure auf Natron früher als eine unmittelbare Verbindung derselben mit dem Natron. Nach der neueren Ansicht entsteht aber kein hydrochlorsaures Natron, sondern Chlornatrium und Wasser. Man stellte aber legiere Theorie, die sogenannte Chlortheorie, anfangs nicht gleich in diesem Umfange auf, sondern ließ sie nur für den trockenen Zustand dieser Verbindungen gelten, während sie bei der Auflösung durch Wasserzersehung sich in Verbindungen von Dryd mit der entsprechenden Wasserstoffsäure verwandeln sollten. Berzelius behauptete lange Zeit die ältere Ansicht in ihrem ganzen Umfange, bis ihn die Beobachtung, daß trockenes Chlornatrium durch wasserfreie Schwefelsäure nicht zerlegt werde, sondern bloß bei Gegenwart von Wasser, dessen Sauerstoff ans Natrium und der Wasserstoff ans Chlor trete, bewog, die erwähnte Ansicht nicht bloß für diese Verbindungen im trockenen, sondern auch im aufgelösten Zustande gelten zu lassen. Sertürner will indessen bei dem angegebenen Versuche Hydrochlogas erhalten haben, Kastner selbst aus geschmolzenem Chlornatrium und Chloralcium mit verglaster Phosphorsäure. Mit Kiesel- und Bor säure stellte er jedoch keine Versuche an. Einen noch kräftigeren Beweis ergibt übrigens Longmaid's Beobachtung<sup>1)</sup>, daß man durch Erhitzen von Chlornatrium mit schwefelsaurem Eisenoxyd, sowie durch das Erhitzen der ausgetrockneten Chloride verschiedener Schwermetalle selbst, namentlich Eisen, Mangan, Kupfer, Zink und Blei in (durch Chloralcium) getrockneter Luft Chlor, in gewöhnlicher feuchter Luft dagegen Chlornasserstoffsäure erhält. Ferner die Beobachtung H. Rose's, daß wasserfreie Schwefelsäuredämpfe von kalt erhaltenem, trockenem Salmiac, Chlorkalium, Chlornatrium u. (Vgl. auch Rose in Pogg. Ann. der Phys. u. Chem. 38.

Chlortheorie.

1) Dingler's polytech. Journ. Bd. 100. 1846. S. 286 aus London Journ. of arts, April 1846. S. 172.



S. 117 — 123; pharm. Centralb. 1836 S. 596 — 598) ohne Zersetzung absorbiert werden. Die Verbindungen der letzteren Salze mit Schwefelsäure werden erst in der Hitze zersetzt; es entwickelt sich etwas Chlor, dann Schwefelsäure. Endlich die Thatsache, daß, wenn man Chlornasserstoffgas bei Abschluß der Luft über erhitztes Eisen leitet, Wasserstoffgas entweicht und Eisenchlorür zurückbleibt. Auch eine Eisenchloridaufösung entwickelt an der Luft Chlor unter Abscheidung basischen Chlorids.

Das Gesagte bezieht sich natürlich auch auf die übrigen Wasserstoff-säuren, des Jods, Broms, Schwefels u.

Die Wasserstoff-säuren zerfallen wie die Sauerstoff-säuren in solche mit einfachem Radikal und in andre mit zusammengesetztem. Zu Letzteren gehören die von Cyan und Schwefelcyan.

**Schwefel-, Selen- und Tellursäure** sind den Sauerstoff-säuren analog gebildete elektronegative Verbindungen des Schwefels, Selen-, Tellurs mit elektronegativen Metallen wie Arsen, Antimon, worin aber Letztere den positiven Bestandtheil bilden. Sie heißen nach Berzelius auch **Sulphide, Selenide, Telluride**.

Begriff von  
Basis.

Die **Basen** sind meist Sauerstoffverbindungen der Metalle; doch rechnet Berzelius wie zu den Säuren die elektronegativen, so zu den Basen die positiven Verbindungen dieser Stoffe als Schwefel-, Selen- und Tellurbasen und heißt dieselben **Sulphurete, Seleniete und Tellurete**, die übrigens wie die entsprechenden Säuren noch wenig gekannt sind. Es gehören hierher im weiteren Sinne auch viele ternären und quaternären Verbindungen, die verschiedenen organischen Basen.

5) In Beziehung zur Salzbildung theilt Berzelius die elektronegativen Stoffe folgendermaßen ein:

- a. **Salzbilder oder Haloides, Corpora halogenia**; elektronegative Elemente, durch deren unmittelbare Verbindung mit den Metallen Salze entstehen. Zu den einfachen gehören Chlor, Brom, Jod, Fluor, zu den zusammengesetzten Cyan und Schwefelcyan.
- b. **Amphigene Körper, Säuren- und Basenbilder**, oder der Kürze wegen bloß **Basenbilder** genannt; Körper, welche mit den Metallen selbst nicht unmittelbar Salze, sondern elektropositive und elektronegative Verbindungen, Basen und Säuren hervorbringen, aus deren Vereinigung erst Salze entstehen, Sauerstoff, Schwefel, Selen und Tellur.
- c. **Körper, welche keine der angegebenen Eigenschaften besitzen, aber mit den Stoffen der vorigen Abtheilung Säuren bilden**, nämlich Stickstoff, Phosphor, Bor, Kohlenstoff, Kiesel, Arsen und die elektronegativen Metalle.

6) Nach der Atomzahl, wonach sich Säuren und Basen verbinden, zerfallen

- a. die Säuren in **einfache**, wenn 1 Atom davon mit 1 At. einfügiger Basis ein neutrales Salz bildet, wie die Kohlensäure, Kieselsäure, Titansäure, schweflige und Schwefelsäure, in **zweifache**,

wovon 1 At. auf 2 At. Basis kommt, wohin bloß die Pyrophosphorsäure gehört, und in dreibasische, wovon 1 At. 3 At. einsäuriger Basis erfordert, oder wenn 1 oder 2 At. Basis fehlen, dafür so viele At. Wasser. Hierher gehören die phosphorige, die gewöhnliche Phosphor- und Arsensäure. Auch die Thonerde, das Chrom-, Mangan- und Eisenoxyd, in wieferne sie als Säuren auftreten, scheinen hierher zu gehören.

- b. Die Basen zerfallen ebenso in einsäurige, wovon sich 1 Atom mit 1 At. einbasiger Säure zu Neutralsalz verbindet. Hierher gehören alle, welche 1 At. Sauerstoff auf 1 oder 2 At. Metall enthalten, wie Kali (K), Magnesia (Mg), Quecksilberoxydul (Hg) und -Oxyd (Hg); in zweisäurige: 1 At. Basis auf 2 At. einbasiger Säure, sie enthalten 1 At. Metall auf 2 At. Sauerstoff, wie Vanadium- (V), Molybdän- (Mo) und Zinnoxyd (Sn), und in dreisäurige: 1 At. Basis auf 3 At. einbasiger Säure, sie enthalten 1 oder 2 At. Metall auf 3 At. Sauerstoff, wie Thonerde (Al), Chromoxyd (Cr), Uran- (U), Eisen- (Fe) und Antimonoxyd (Sb) und arsenige Säure (As).

Man sieht hieraus, daß die 1-, 2- 3säurige Natur der Basen mit ihrem Sauerstoffgehalt zusammenhängt. Auf jedes Atom Sauerstoff der Basis kommt 1 At. einer einbasigen Säure, und das Sauerstoffverhältniß zwischen Basis und Säure bleibt sich stets gleich. So verhält es sich bei der Schwefelsäure zu dem einer Basis wie 3 : 1, sie mag 1-, 2- oder 3säurig sein, bei der Kohlensäure wie 2 : 1, bei der Salpetersäure wie 5 : 1, bei der Pyrophosphorsäure wie 5 : 2, bei der gewöhnlichen Phosphorsäure wie 5 : 3 u.

Das Wasser bildet gleichsam die Grenze zwischen den Säuren und Basen. Man kann es sowohl als elektronegativen Körper, als Wasserstoffsäure betrachten, als auch als elektropositiven, als Basis, und es verbindet sich auch mit den binären Verbindungen wie jede andere Säure oder Base und richtet sich in diesen Verbindungen, Hydraten, ganz nach den Gesetzen der Sättigungscapacität; es vertritt Säure oder Basis, wenn diese aus ihren wechselseitigen Verbindungen treten, ja es läßt sich meist aus der Wassermenge, welche das Hydrat einer Säure enthält, auf die Zusammensetzung ihrer Salze schließen, insofern ein gleiches Äquivalent Basis an dessen Stelle tritt, doch behält in manchen Salzen die Säure ihr Hydratwasser bei, Halhydrat.

### Salze.

Früher verstand man unter Salz jeden in Wasser auflösliehen, durch eigenthümlichen Geschmack und meist auch durch Krystallisierbarkeit ausgezeichneten zusammengesetzten Körper und theilte die Salze in 1) saure, unsere jetzigen Sauerstoff- und Wasserstoffsäuren; 2) alkalische oder Lau- Ältere Ansich-  
ten über die  
Salze.

gensalze, unsere jetzigen Alkalien und 3) eigentliche Salze, welche wieder zerfielen in a) Neutralsalze, Verbindungen der Säuren mit Alkalien, b) Mittelsalze, Verbindungen der Säuren mit anderen Basen, bei denen man wieder unterschied in  $\alpha$ ) erdige Mittelsalze, Verbindungen der Säuren mit Erden und  $\beta$ ) Metallsalze, Verbindungen der Säuren mit Schwermetalloryden. Die in Wasser unlöslichen Verbindungen der Alkalien, Erden und Metalloryde, wie Kalkspath, Bleivitriol wurden nicht zu den Salzen, sondern zu den Erden und Metalkalken gezählt, dagegen sah man den Zucker für ein vegetabilisches Salz an.

Mit Einführung der antiphiogistischen Lehre definirte man die Salze als Verbindungen der Säuren mit salzfähigen Basen.

Nach Aufstellung der Chlorthorie (vgl. S. 43) hätte indessen diese Definition das Kochsalz ( $\text{NaCl}$ ), das doch den Namen Salz zuerst führte, sowie die ganze Reihe der Haloïdverbindungen (vgl. S. 44) aus der Abtheilung der Salze ausgeschlossen, welchen sie sich doch sonst offenbar in jeder Beziehung anreihen. Ferner hat Berzelius in Erwägung, daß Schwefel, Selen und Tellur sich ebenso wie der Sauerstoff mit anderen Stoffen in mehreren Verhältnissen vereinigen und damit zwei Reihen von Verbindungen (vgl. S. 44) hervorbringen, die sich als Basen und Säuren analog den Sauerstoffverbindungen wieder mit einander verbinden — vorge schlagen, auch diese Verbindungen in die Reihe der Salze aufzunehmen.

Definition von  
Salz.

Man versteht folglich nach diesen neueren Ansichten unter Salz die Verbindungen der Säuren mit Basen, sowie der den Säuren analogen Elemente, der sogenannten Salzbilder mit den Metallen.

Eintheilung der Salze.

1) Nach ihrem elektronegativen Bestandtheil (vgl. S. 41) theilt man sie in

- a. Amphibdsalze, Verbindungen einer Sauerstoff-, Schwefel-, Selen- oder Tellurfäure mit einer entsprechenden positiven Sauerstoff-, Schwefel-, Selen- oder Tellurverbindung als Basis. Die meisten, wichtigsten und am Genauesten untersuchten sind die Sauerstoffsalze, welche durch Verbindung einer Sauerstoffsäure mit einer Sauerstoffbasis entstehen, wie Salpeter, Eisen- und Kupfervitriol, Weinstein  $\text{c}$ . Weniger untersucht sind die Schwefelsalze, Verbindungen von Schwefelsäuren und Schwefelbasen (s. S. 44), z. B. die Verbindung des Schwefelkohlenstoffs mit Schwefelkalium, worin Ersterer die Basis, Letzteres die Säure bildet. Noch weniger ist von den Selen- und Tellursalzen bekannt.
- b. Haloïdsalze, Verbindungen der Salzbilder, Haloide, wie Fluor, Chlor, Brom, Jod und Cyan, mit den Metallen.

2) Eintheilung der Salze nach ihrem positiven Bestandtheil.

- a. Alkalische, die Verbindungen der Sauerstoffsäuren mit Alkalien, Kali, Natron, Lithion, oder der Salzbilder mit deren Metallen, z. B. schwefelsaures Kali oder Natron, Chlorkalium, Chlornatrium  $\text{c}$ .

- b. **Erdige Salze**, die Verbindungen der alkalischen Erden, wie Kalk, Baryt, Magnesia und wirklicher Erden, wie Thonerde, mit Sauerstoffsäuren, oder ihrer Metalle mit den Salzbildern, z. B. schwefelsaurer Kalk oder Baryt, Chlorcalcium, Chlorbaryum.
- c. **Metallsalze**, in denen die Schwermetalle oder ihre Dryde den positiven Bestandtheil bilden.

Dieselbe Eintheilung gilt natürlich auch für die Schwefel-, Selen- und Tellursalze.

3) Eintheilung der Salze nach dem Vorkommen des elektronegativen oder positiven Bestandtheils.

- a. **Neutrale Salze**: Keiner von beiden Bestandtheilen ist vorwaltend. In den hierher gehörigen Amphibsalzen ist in der Regel 1 Atom Basis auf 1 At. Säure enthalten, doch erfordern manche zur Neutralität mehr Säure, andere mehr Basis. (Vgl. S. 44 6 a und 45 b).

Die Haloidsalze sind neutral, wenn der Salzbilder so viel Äquivalente beträgt, als Sauerstoff nöthig ist, um das Metall zur Basis zu machen.

Früher wurden nur jene Salze neutral genannt, welche mittelst des Geschmacks und der Reaction auf Pflanzenfarben weder ein Vorkommen der Basis, noch der Säure erkennen ließen. Allein sie zeigen diese Neutralität nur dann, wenn sie entweder unlöslich sind, oder wenn Basis und Säure gleiche Mächtigkeit haben. So ist z. B. im neutralen kohlensauren Kali ( $\text{K}\ddot{\text{C}}$ ) die Basis sehr mächtig, die Säure aber schwach, es schmeckt daher alkalisch und bläut geröthetes Lackmuspapier; beim schwefelsauren Kupfer ( $\text{CuS}$ ) dagegen ist die Säure verhältnißmäßig mächtiger, es reagirt daher sauer. Gmelin verwirft daher den Namen Neutralsalz als unpassend und schlägt dafür den Namen **Normalsalz** vor.

- b. **Saure Salze** sind jene, welche mehr Atome Säure enthalten, als zur Bildung der Neutralsalze erforderlich sind. Saure Haloidsalze sind Verbindungen der neutralen Haloidsalze mit den Wasserstoffsäuren ihres elektronegativen Bestandtheils. So ist z. B. saures, schwefelsaures oder doppelt schwefelsaures Kali eine Verbindung von 1 Atom Kali mit 2 At. Schwefelsäure ( $\text{K}\ddot{\text{S}}_2$ ), während das neutrale oder einfach schwefelsaure Salz nur 1 At. Säure enthält ( $\text{K}\ddot{\text{S}}$ ), so ist saures Goldchlorid ( $\text{AuCl}_3 + \text{HCl}$ ) eine Verbindung von Goldchlorid mit Salzsäure. Man unterscheidet anderthalb-, zwei- oder doppelt-, drei- und vierfachsaure Salze, je nachdem die Menge der Säure ein Vielfaches von der Quantität im Neutralsalz ist.

Viele sauren Salze reagiren sauer, einige aber neutral und manche selbst alkalisch, wenn die Basis sehr stark und die Säure sehr

schwach ist, wie bei doppelt kohlensaurem Kali ( $\text{K}\bar{\text{C}}_2$ ) und dem Borax, doppeltborsaurem Natron ( $\text{Na}\bar{\text{B}}_2$ ).

- c. **Basische Salze** entstehen, wenn 1 oder mehrere Atome Neutral-  
salz noch 1 oder mehrere At. Basis aufnehmen, und heißen ein-  
fach, zweifach, dreifach, halb u. basische Salze, wenn  
zu 1 Atom Neutralsalz 1, 2, 3,  $\frac{1}{2}$  At., oder zu 2 At. Neutral-  
salz 1 At. Basis oder Metall hinzukommt. Haloidsalze nehmen aber  
hierbei kein Metall, sondern das ihrer Verbindungsstufe entsprechende  
Oxyd auf, so daß z. B. unter basischen Chlorüren Verbindungen  
von Chlorür mit Oxydul zu verstehen sind.

Basische Schwefel-, Selen- und Tellursalze sind noch nicht  
bekannt.

Der größere Theil der basischen Salze ist unlöslich und zeigt  
daher keine Reaction.

#### 4) Eintheilung der Salze nach der Stufe der Zusam- mensetzung.

- a. **Einfache**, wenn nur eine Säure mit einer Basis, oder ein Salz-  
bildet mit einem Metall verbunden ist.
- b. **Doppelsalze** sind Verbindungen von zwei Salzen von einerlei ne-  
gativen und zweierlei positiven Bestandtheilen, wie der Alaun  
( $\text{K}\bar{\text{S}} + \text{Al}\bar{\text{S}}_3$ ), das Platinkaliumchlorid ( $\text{PtCl}_2 + \text{KCl}$ ), das Cyan-  
eisenkalium ( $2\text{K Cy} + \text{Fe Cy}$ ), oder einerlei positiven und zweier-  
lei negativen Bestandtheilen, wie der Datolith ( $\text{Ca}\bar{\text{B}} + \text{Ca}\bar{\text{Si}}$ ), der  
Ephren ( $\text{Ca}\bar{\text{Ti}}_2 + \text{Ca}\bar{\text{Si}}_2$ ). Salze mit zwei Basen sind indessen  
weit häufiger als solche mit zwei Säuren.
- c. **Zwillingsalze**, Verbindungen aus Salzen von ungleichen negati-  
ven und zugleich ungleichen positiven Bestandtheilen wie der Borax-  
weinstein ( $3\text{K}\bar{\text{T}}_2 + \text{Na}\bar{\text{B}}_2$ ).
- d. **Dreifache, Tripel- oder doppelte Doppelsalze** sind Verbindun-  
gen von zwei Doppelsalzen, welche ein Salz gemeinschaftlich haben,  
z. B. die Verbindung des Kalialauns mit dem Ammonialalaun,  
des Kaliumeiseneyanürs mit Calciumeiseneyanür.

Andere Eintheilungen sind z. B. nach der Säure in kohlen-  
saure, schwefelsäure u. Salze, oder nach der Basis in Kali-,  
Natron-, Kalk- u. Salze; in auflösliche und unauflösliche,  
leicht und schwerlösliche, in krystallisirbare und nicht krystal-  
lisirbare, nach ihrem Verhalten an der Luft in luftbeständige,  
wenn sie der Luft ausgesetzt keine Veränderung erleiden, wie Salmiak,  
Salpeter, reines Kochsalz u., in verwitternde und zerfließende. Ent-  
halten verwitternde Salze wenig Wasser, so werden sie mit Beibehaltung  
ihrer Form oft nur undurchsichtig und milchweiß, während sie bei größe-  
rem Wassergehalte zu Pulver zerfallen.

Nomenclatur der chemischen Verbindungen.

In den Zeiten, wo man die Zusammensetzung der chemischen Verbindungen noch wenig oder gar nicht kannte, wurden dieselben nach physikalischen Eigenschaften, nach ihrer Anwendung, oder nach geschichtlichen Veranlassungen benannt. Viele dieser Benennungen sind auch jetzt noch theils wegen ihrer großen Verbreitung, theils wegen ihrer Kürze in Gebrauch. Die in neuerer Zeit entdeckten Verbindungen hat man dagegen nach ihrer chemischen Zusammensetzung benannt, diejenigen ausgenommen, deren vielfache Zusammensetzung eine solche Benennung zu schleppend machen würde, wie namentlich die große Zahl der organischen Verbindungen, welche fast alle aus den vier Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff bestehen und sich von einander nur durch die verschiedenartige Verbindungsweise dieser Elemente unterscheiden.

Die Verbindungen der Elemente unter einander selbst oder mit den zusammengesetzten Radikalen werden nach ihren negativen Bestandtheilen, wie Sauerstoff, Chlor, Brom, Jod, Fluor, Schwefel etc. benannt und man unterscheidet demnach:

**Sauerstoffverbindungen.** Die neutralen und basischen oder electropositiven heißen **Dryde**, von Drygen, Sauerstoff, die, welche saure Eigenschaften zeigen (vgl. S. 41 u. 42), **Säuren**. Das Wort Dryd wird dem Namen des positiven Elements angehängt, wie Wasserstofforyd, Kaliumoryd, wovon das erste ein neutrales, das andere ein basisches Dryd oder eine Base ist. Verbindet sich ein und dasselbe Element in zwei Verhältnissen mit Sauerstoff, welche Beide Basen sind, so heißt das mit der geringeren Menge Sauerstoff **Drydul**, das andere **Dryd**, z. B. Eisenorydul eine Verbindung von 1 Atom Eisen mit 1 At. Sauerstoff, Eisenoryd: 2 At. Eisen mit 3 At. Sauerstoff. Die Verbindungen, welche weniger Sauerstoff enthalten, als zur Bildung einer Basis erforderlich ist, heißen **Suboryde** (**Hyporyde**, **Unteroryde**), solche, die mehr enthalten, **Superoryde** (**Hyper-**, **Über-** oder **Peroryde**), z. B. Bleisuboryd Pb, Bleioryd Pb, Bleisuperoryd Pb, Manganorydul Mn, -Dryd Mn, -Hyperoryd Mn, -Säure Mn und -übersäure Mn.

Nomenclatur  
der Sauer-  
stoffverbindungen.

Wo zwei Suboryde oder Hyperoryde vorkommen, unterscheidet man wie beim basischen Dryd ein **Suborydul** und **Suboryd**, ein **Hyperorydul** und **Hyperoryd**. Es sind also Suborydul und Suboryd neutrale, Drydul und Dryd basische, und Superorydul und Superoryd ebenfalls neutrale Dryde. Bisweilen drückt man den Sauerstoffgehalt genauer aus, indem man unter **Bisoryd** ein Dryd versteht mit zwei Mal, unter **Sesquioryd** eines, welches anderthalb Mal so viel Sauerstoff enthält als das Dryd, ebenso verhält es sich mit **Sesquiorydul**. Diese Bezeichnung wird nothwendig, wenn ein Metall mehr als zwei Basen (Drydul und Dryd) mit Sauerstoff bildet; so kennt man vom Iridium ein Drydul, Sesquiorydul, Dryd und Sesquioryd.

Die Franzosen und Engländer zählen die Dryde eines Metalls und benennen sie nach der Reihenfolge. Dasjenige, welches am wenigsten Sauerstoff enthält, heißt **Protoryd**, dann folgt das zweite, **Deutoryd**, dann das dritte, **Tritoryd**, oder wenn es zugleich das letzte ist, **Peroryd**.

Die Nichtmetalle bilden mit Sauerstoff keine Basen, sondern blos neutrale Dryde und Säuren. Man nennt aber dennoch die untern Verbindungsstufen Drydule und Dryde, die höheren Hyperoryde, wie Stickstofforydul und -Dryd, Wasserstofforyd (Wasser) und -Hyperoryd.

Einige basische Metalloryde, welche viel früher bekannt waren, als die Metalle aus denen sie bestehen, behielten ihre älteren Namen, wie Kali, Natron, Lithion, Baryt, Strontian, Kalk, Magnesia, Thonerde, Beryllerde, Yttererde, Zirkonerde, Thorerde statt Kalium-, Natrium-, Lithiumoryd u.

Die Dryde des Kaliums, Natriums, Lithiums und das Ammoniak (aus Stickstoff und Wasserstoff bestehend:  $\text{NH}_3$ ) heißen **Alkalien** (von Kali, oder Alkali), die von Baryum, Strontium, Calcium und Magnesium, **alkalische Erden**, die vom Aluminium, Beryllium, Yttrium, Zirkonium und Thorium heißen **Erden**. Die übrigen Dryde der Schwermetalle, gewöhnlicher blos **Metalloryde**.

Nomenclatur  
der Säuren.

**Säuren.** Man hängt dem Namen des positiven Elements das Wort **Säure** an, wie Schwefelsäure, Chromsäure. Beim Vorkommen zweier Säuren eines Elements bezeichnet man die mit der geringeren Menge Sauerstoff durch Umwandlung des Namens des Elements in ein Adjectiv mit der Endsybe icht, oder gewöhnlicher ig, z. B. schweflichte, besser schweflige Säure, während im Lateinischen ein Adjectiv auf icum, französ. ique, engl. ic die vollkommene, auf osum, französ. eux, engl. ous die schwächere Säure bezeichnet, z. B. Acidum sulphuricum, französ. Acide sulfurique, engl. Sulfuric Acid; Acidum sulphorosum, Acide sulfureux, Sulfurous acid. Bei drei oder noch mehr Säuren eines und desselben Radikals wird die erste und dritte nach der zweiten und vierten benannt durch Vorsetzung von Unter, sub, oder hypo, z. B. unter- oder hyposchweflige Säure und Unterschwefelsäure u., Acidum subsulphurosum oder hyposulphurosum und subsulphuricum u. Eine Säure, welche mehr Sauerstoff, als die vollkommene Säure enthält, wird durch Vorsetzung von Über oder hyper bezeichnet, z. B. Überchlorsäure, Acidum hyperchloricum.

Die Wasserstoffsäuren s. unter den Wasserstoffverbindungen.

Wie von den Basen haben auch einige Säuren, namentlich die organischen, die bekannten älteren empirischen Namen behalten, wie Salpetersäure statt Stickstoffsäure; Salzsäure wird noch ebenso häufig gebraucht als Chlornasserstoffsäure u.

Die Verbindungen des Chlors, Broms, Jods und anderer elektronegativer Elemente mit positiven werden ähnlich wie die Sauerstoffverbindungen bezeichnet. Es entsprechen nämlich den Dryden die Chloride, Bromide, Jodide, Fluoride, Cyanide, Sulphide, den Drydulen die Chlorüre, Bromüre, Jodüre, Fluorüre, Cyanüre, Sulphüre. Auch hier wird der Gehalt am negativen Element wie bei den

Sauerstoffverbindungen durch die Wörter sesqui und bi ausgedrückt, Sesquichlorid, Dichlorid u. Doch braucht man hierfür auch die Ausdrücke einfach, andert-halb, doppelt, z. B. Einfachchloreisen, Anderthalbchloreisen, Einfachchlorzinn.

Die den Hyperoxyden entsprechenden Chlorverbindungen sind noch viel unbeständiger als diese und zerfallen so leicht in Chlorüre oder Chloride und Chlor, daß man kaum ihre Existenz nachweisen kann. Die den Säuren entsprechenden Chlorverbindungen sind in der Regel viel beständiger und man hat ihnen die Namen **Hyperchlorüre** und **Hyperchloride** oder **Perchloride** beigelegt. So entspricht das Manganhyperchlorid der Übermangansäure, so hat man auch ein Arsenhyperchlorid. Wo nur eine Chlorverbindung vorkommt, setzt man das Chlor einfach voraus, wie **Chlorkiesel**, **Chlorbor**.

Die als Basen auftretenden positiven Schwefelverbindungen heißen **Sulphurete** oder **Sulphobasen**, die als Säuren sich verhaltenden **Sulphide** oder **Sulphosäuren**. Die **Subsulphurete** entsprechen den Suboxyden. Sesqui-, Bisulphuret, Untersulphuret, einfach Schwefeleisen u. ergeben sich von selbst. Wo nur eine Verbindung vorhanden ist, sagt man schlechtweg **Schwefelsilber**, **Schwefelzink** u. <sup>1)</sup>

**Wasserstoffverbindungen.** Die Verbindungen desselben mit Chlor, Brom, Jod, Fluor und Cyan sind Säuren und heißen **Wasserstoffsäuren**. Sie heißen **Chlorwasserstoffsäure**, **Cyanwasserstoffsäure**, oder bloß **Chlorwasserstoff**, oder **Hydrochloresäure** u. Ebenso sagt man **Schwefel-**, **Selen-** oder **Tellurwasserstoffsäure**, oder bloß **Schwefelwasserstoff**, **Hydrothionsäure** u.

Die Verbindungen des Wasserstoffs mit Kohlenstoff haben größtentheils noch empirische Namen, wie **Eumpfgas**, **ölbildendes Gas** u.

Die Verbindungen des **Phosphors**, **Kohlenstoffs**, **Kiesels**, auch des **Stickstoffs** mit den Metallen heißen gewöhnlich **Phosphar-**, **Kohlenstoff-**, **Stickstoffmetalle** u., doch sagt man auch **Eisencarburet** u. dgl.

**Die Verbindungen der Metalle unter einander** heißen **Legirungen**. Man benennt sie entweder nach dem in vorwaltender Menge vorhandenen Metalle, **Silber-**, **Kupferlegirung** u., oder Legirung des Silbers mit Kupfer, des Kupfers mit Zink u. Die Legirungen des Quecksilbers heißen **Amalgame**, z. B. **Silberamalgam**, **Sinnamalgam**.

Zu den Verbindungen der zweiten Ordnung gehören vorzüglich die **Salze**. Man bildet bei ihrer Benennung aus der Säure ein Adjektiv, während die Basis das Substantiv ausmacht, z. B. **schwefelsaures Kali**, **Kali sulphuricum**, **schwefligsaures Kali**, **Kali sulphurosum** etc. Wo nur ein Dryd vorkommt, sagt man wohl auch bloß **schwefelsaures Blei** statt **schwefelsaures Bleioryd** u. Zweckmäßig ist auch die Übertragung der französischen Nomenclatur der Salze, z. B. **Bleisulphat**, **Sulphas plumbi** von **Sulfate de plomb**, wo die Säure als Substantiv mit dem Namen der Basis im Genitiv verbunden wird. Namentlich ist es bequem als

Nomenclatur  
der Salze.

1) Mehr hierüber im besondern Theil bei den Schwefelmetallen.



Bezeichnung einer ganzen Klasse, statt z. B. Schwefelsäure, salpetersäure, essigsäure Verbindungen zu sagen die Sulphate, Nitrate, Acetate.

Die Schwefelsalze bezeichnet man gewöhnlich bloß durch Nebeneinandersetzen der Namen der beiden Bestandtheile, z. B. Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium, Antimonpersulphid-Schwefelnatrium etc.

Die Verbindungen der Chloride, Jodide Cyanide etc. unter einander heißen Doppelschloride, Doppelscyanide etc. Man setzt die Namen der Bestandtheile neben einander, den des negativen Bestandtheils gewöhnlich aber bloß einmal, z. B. Platinkaliumchlorid, Kaliumeisencyanür u. s. w. oder auch Chlorplatinalkalium, Cyaneisenkalium etc.

Die Verbindungen des Wassers mit zusammengesetzten Körpern heißen Hydrate, Kalihydrat, Eisenorydhydrat, Schwefelsäurehydrat.

Die Verbindungen von Sulphureten und von Chloriden mit Dryden heißen Drysulphurete, Drychloride.

Zu den Verbindungen der dritten Ordnung gehören vorzüglich die Doppelsalze aus Sauerstoffverbindungen. Gewöhnlich sind nur die Basen verschieden. Man setzt dann das die Säuren bezeichnende Adjectiv nur einmal, z. B. Schwefelsäure Kalithonerde, das Doppelsalz aus Schwefelsäurem Kali mit schwefelsaurer Thonerde.

Die organischen Verbindungen, deren Radikale noch nicht mit Sicherheit erkannt sind, werden vorläufig mit empirischen Namen bezeichnet. Doch gibt man wenigstens ähnlichen Körpern eine gemeinschaftliche Endsybde. So erhalten z. B. die Alkaloide die Endung in, wie Chinin, Cinchonin, Alkaloide der Chinarinde, Strychnin, Alkaloid der Strychnosarten. Die Endung on bezeichnet die Verbindungen, welche entstehen, wenn einer organischen Säure durch eine starke Base Kohlenensäure entzogen wird, z. B. Aceton, Stearon.

Zur Vergleichung der deutschen, lateinischen, französischen und englischen Nomenclatur mögen folgende Beispiele dienen:

Deutsche.	Französische.	Englische.	Lateinische.
Kaliumoryd (Kali)	Oxide de potasse	Oxide of potasse	Oxydum kalicum
Eisenorydul	Protoxide de fer	Protoxide of iron	Oxydum ferrosium
Eisenoryd	Peroxide de fer	Peroxide of iron	Oxydum ferricum
Schwefelsäure	Acide sulfurique	Sulfuric acid	Acidum sulphuricum
Schweflige Säure	Acide sulfureux	Sulfurous acid	Acidum sulphurosum
Schwefelsaures Kali			
(Kalisulphat)	Sulfate de potasse	Sulfate of potasse	Sulphas kalicus
Schwefligsaures			
Natron	Sulfite de soude	Sulfite of soda	Sulphis natricus
Schwefelblei	Sulfure de plomb	Sulfuret of lead	Sulphuretum plumbicum
Kohlenstoffsulphid	Sulfide de carbone	Sulfide of carbon	Sulphidum carbonicum

## Chemische Operationen.

Viele chemische Verbindungen und Zersetzungen erfolgen scheinbar von selbst, weil die zur Erregung eines chemischen Processes nöthigen Bedingungen schon durch die Natur herbeigeführt worden sind. So verwandelt sich der Zucker des ausgepressten Traubensaftes ohne unser weiteres Zutun bei gewöhnlicher Temperatur in Weingeist und Kohlensäure, weil die Natur schon die zu dieser Zersetzung nöthigen Bedingungen: Lösung des Zuckers in Wasser und die Gegenwart eines Körpers vermittelt hat, welcher aus der Luft Sauerstoff anzieht unter Entwicklung von Kohlensäure und dabei ebenfalls den Zucker zur Kohlensäureentwicklung durch einleitende Verwandtschaft veranlaßt. Wollen wir, daß ein Stück Zucker sich ebenfalls in Weingeist und Kohlensäure verwandelt, so müssen wir die zur Zersetzung nöthigen Bedingungen künstlich herbeiführen, ihn in Wasser auflösen und mit einem die Zersetzung einleitenden Körper (Ferment) zusammenbringen.

Die Bewirkung eines chemischen Processes durch die Kunst heißt **chemische Operation**. Die hierzu nöthigen Geräthschaften heißen **chemische Apparate**, und der Ort, wo diese Operationen ausgeführt werden, **chemisches Laboratorium**.

Chemische Operation.

Die chemischen Operationen dienen nicht bloß zur Veranlassung, sondern auch zur Beförderung und Beendigung des chemischen Processes.

Man theilt sie nach ihrem Zweck in **Darstellungen einfacher oder zusammengesetzter Körper (Synthese)**, in die Untersuchung des chemischen Verhaltens (**Reaction**, vgl. S. 63) und in die Ausmittelung der chemischen Zusammensetzung der Körper, oder **Analyse**.

Einteilung der chemischen Operationen.

Man theilt sie ferner nach der Quantität des verarbeiteten Materials und der dieser entsprechenden Größe der Apparate in **mikrochemische** und **makrochemische** Operationen.

**Mikrochemische Operationen** heißen dieselben, wenn sie bloß für wissenschaftliche Zwecke angestellt werden, wo man mit Unzen, Drachmen und Granen seine Absicht erreicht, oft mit noch mehr Genauigkeit als bei großen Quantitäten, während zugleich die Ersparniß an Zeit und Material bedeutend ist.

Die **makrochemischen Operationen** werden auf Hüttenwerken, in chemischen Fabriken, pharmaceutischen Laboratorien u. angestellt und sind ein Gegenstand der angewendeten Chemie. Es wird demnach hier nur vorzugsweise von mikrochemischen Operationen die Rede sein.

Beide Arten hat man wieder eingetheilt, je nachdem sie bloß die Änderung der Form der Körper bezwecken, oder auf das Wesen der Körper selbst einwirken, in **mechanische** und **eigentlich chemische** Operationen.

Beide Abtheilungen lassen sich indessen nicht strenge von einander trennen, da manche Operationen in einem Falle bloß mechanisch, in einem andern aber wieder chemisch wirken können. So kann man z. B. durch Sublimation und Destillation sowohl bloß gemengte Körper trennen, als auch chemische Verbindungen zersetzen, wenn durch die Erhitzung die Expansivkraft eines Bestandtheils über die Verwandtschaft zum andern vorkaltend

wird. So erhalten die meisten Körper durch die Auflösung im Wasser eine zum chemischen Prozesse vorbereitende Zertheilung, mehrere Verbindungen aber werden durch Auflösen in Wasser zersetzt, wie z. B. neutrales salpetersaures Bismuthoxyd in saures auflösliches und basisches unauflösliches Salz.

Man hat ferner die chemischen Operationen eingetheilt in solche auf nassem Wege, welche durch Auflösen der Körper in Flüssigkeiten bei niedrigeren Temperaturen ausführbar sind, und solche auf trockenem Wege, welche ohne Anwendung von Flüssigkeiten durch bloße Temperaturerhöhung chemische Prozesse bewirken. Allein diese Eintheilung kann höchstens als Unterabtheilung dienen.

Wenn auch nicht genau, doch noch am wenigsten gezwungen, theilt man dieselben ein nach der Folge ihrer Anwendung in solche, die 1) den chemischen Prozeß vorbereiten, 2) einleiten und befördern, und 3) beenden.

### A. Vorbereitung zum chemischen Prozesse.

Sollen chemisch verwandte Körper sich gegenseitig verbinden, so müssen sie vor allem in unmittelbare Berührung kommen. Um ihre Berührungsflächen zu vermehren, muß man die Körper möglichst zertheilen. Man sucht die Cohäsion aufzuheben oder zu vermindern durch Auflösung der festen Körper, oder durch Zerkleinerung oder Schmelzung der unauflöslichen. Letztere gehört, wie die besonders bei Zersetzungen nöthige Verflüchtigung, wegen gleichzeitiger Mitwirkung der Wärme, schon zu den Operationen, welche den chemischen Prozeß unterstützen.

#### 1. Zerkleinerung der Naturkörper.

**Stoßen.** Harte Substanzen, namentlich in größeren Stücken, werden auf einem stählernen Ambos mit dem Hammer zer schlagen oder in einem Stahl-



Fig. 1.

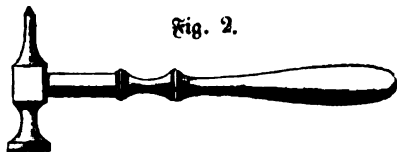


Fig. 2.

mörser gestoßen, weniger harte in gußeisernen oder messingenen Mörsern.

**Berreiben.**



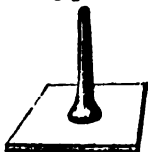
Fig. 3.



Fig. 4.

In kleineren Stücken vorkommende, namentlich weichere Körper werden in Reibschalen mit Reule (Pistill) von Serpentin, härtere in solchen von Porzellan (Fig. 3), Glas, Granit, Feuerstein und Achat (Fig. 4) zerrieben, oder auf Platten von Porphyr mit Läusern (Fig 5).

Fig. 5.



**Sieben.**

Da die gröberen Theile eines Pulvers durch Einhüllung in die feineren der Einwirkung der Stoß- oder Reibkeule entgehen, so sondert man beide von Zeit zu Zeit durch Sieben ab. Die Siebböden sind entweder

aus Holzspänen, Metallbrat, Haar- oder Seidengeweben mit größeren oder kleineren Maschen gefertigt. Das Durchgehende wird in einer an das Sieb gesteckten Trommel mit Pergamentboden aufgefangen und das Sieb zur Verhütung des Stäubens mit einem ähnlichen Deckel bedeckt.

Um leichtere, in Wasser einige Zeit schwebende Pulvertheile von schweren, wie z. B. Lehm oder Humus von Sand zu trennen, **schlemmt** man solche Gemenge, d. h. man vertheilt sie in Wasser und gießt das Wasser mit den leichtern Theilen ab, wenn sich die schwereren zu Boden gesetzt haben. Schlemmen.

Substanzen, welche sich wegen ihrer Zähigkeit nicht zum Stößen oder Zerreiben eignen, wie Rinden, Wurzeln, Hölzer, werden entweder zuvor in der Wärme getrocknet, wodurch sie meistens die erforderliche Sprödigkeit erlangen, oder man zerschneidet sie, wo keine so feine Zertheilung nöthig ist, z. B. zum Auskochen mit Wasser, mit eigenen Schneidmessern, einarmigen Hebeln nach Art der Futtermesser. Hölzer werden auf besondern Schneidemühlen geschnitten. Zerschneiden.

Eine feinere Zertheilung für zähe Substanzen, wie Holz, Rinden u., Kaspeln. wird durch Kaspeln derselben, bei andern durch Zerstampfen erreicht.

Zur Zerkleinerung der Metalle dient Hammer und Ambos oder ein Walzwerk, um dünnes Blech zu erhalten, welches man dann zerschneidet, oder man wendet Dreh- oder Fekspäne an, von deren Reinheit man jedoch überzeugt sein muß. Zerkleinerung der Metalle durch Sameliren,

Spröde Metalle, wie Antimon, lassen sich stoßen, weniger spröde kann Feilen man feilen, wenn sie nicht zu weich sind, wie Blei, Zink. Man braucht auch noch zu andern Zwecken Feilen, wie zum Abfeilen und zur Durchbohrung der Korfsköpfe, zum Einschneiden von Glasröhren, Stäben, Kolben u., um sie abbrechen zu können. Man hat daher flache, dreikantige und runde Feilen. Feilen und

Weiche, leicht schmelzbare Metalle werden dadurch in kleine Körner verwandelt, granulirt, daß man sie geschmolzen in eine innen mit Kreide bestrichene Holzbüchse gießt und nach Aufsehung des Deckels bis zum Erstarren des Metalls heftig schüttelt, worauf man es in kleine Körner verwandelt findet, oder man gießt das geschmolzene Metall über einen in Wasser befindlichen beständig gelinde geschüttelten Besen. Granuliren.

Vor der Zerkleinerung findet jedoch überall, wo sie anwendbar ist, wegen der Gleichmäßigkeit ihrer Wirkung den Vorzug die Zertheilung durch die

## 2. Auflösung.

Man versteht darunter das Zusammenbringen von festen Körpern mit Flüssigkeiten, deren Adhäsionskraft für einander größer ist als die Cohäsion des festen oder die Expansivkraft des flüssigen Körpers. Im ersteren Falle vermindert der Erstere, im zweiten vermehrt der Letztere seine Cohäsion, bis beide einen gleichen Aggregatzustand, den des Tropfbarflüssigen erlangt haben. Darnach entsteht auch im ersteren Falle Kälte, wie beim Auflösen von krySTALLISIRTEM Chlorcalcium; im letzteren Wärme, wie bei der Auflösung von

geschmolzenem Chlorcalcium. Durch die Auflösung werden die kleinsten Theile des festen Körpers so leicht beweglich und verschiebbar, daß er von flüssigen Körpern leicht und schnell durchdrungen werden kann. Zum Auflösen der festen Körper benutzt man indifferente Flüssigkeiten, welche weder auf den aufzulösenden Körper verändernd einwirken, noch selbst von diesem verändert werden, wie Wasser, Weingeist, Äther, Terpentinöl. Doch können auch diese in manchen Fällen schon wirkliche chemische Prozesse mit der Auflösung herbeiführen. So zersetzt, wie schon oben angedeutet wurde, das Wasser neutrales salpetersaures Wismuthoryd und Antimonchlorür beim Auflösen in saures und basisches Salz, so verändert der Weingeist den blauen Weichenast in ein blaurothes Pigment, so wirken umgekehrt Chlor, Brom und Jod bei der Auflösung zerlegend auf den Weingeist, indem sie Äther damit erzeugen, so verwandelt ihn ägendes Kali und Natron zum Theil in Essigsäure und einen braunen Farbstoff u.

Man bringt den aufzulösenden Körper, am besten in zerkleinertem Zustande, mit der auflösenden Flüssigkeit, dem Auflösungsmittel zusammen in ein passendes Gefäß, d. h. wenn die Auflösung schon bei gewöhnlicher Temperatur erfolgt, in irgend ein Glasgefäß, z. B. in einen Cylinder, wenn dagegen Wärme angewendet werden soll, welche für manche Auflösungen nöthig, für die meisten andern aber wenigstens förderlich ist, in Glaskolben, Phiolen (s. S. 73), Porzellanschalen, oder um Luftzutritt oder den Verlust des verdampfenden Lösungsmittels (z. B. Weingeist, Äther) zu verhüten, in Retorten (s. S. 80).

Die Auflösung wird auch besonders dadurch befördert, daß man die bereits mit aufgelöstem gesättigte Flüssigkeit vom aufzulösenden Körper von Zeit zu Zeit entfernt und durch neue Flüssigkeit ersetzt. Dies geschieht durch Umschütteln des Gefäßes oder Umrühren der Flüssigkeit mit

Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9.

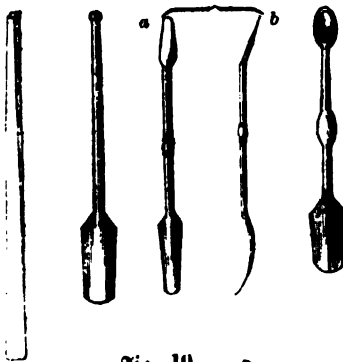


Fig. 10.



Glasstäben oder Spateln von Holz (Fig. 6), Porzellan, Eisen, Silber oder Platin von verschiedener Form und Größe, auf der einen Fläche etwas convex, auf der andern platt, gerade wie Fig. 7, oder über die Fläche gebogen, wie Fig. 8, a von der Fläche und b von der Seite gesehen; Platinspatel sind bisweilen mit einem Löffel versehen, wie Fig. 9; oder man löst die Körper in Reibschalen (Fig. 3 S. 54), oder eigenen Solutionsmörsern (Fig. 10, tiefe Reibschalen mit Ausguß) unter Reiben mit der Keule und öfterem Abgießen der gesättigten Flüssigkeit und Nachgießen von frischer; oder endlich man hängt den aufzulösenden Körper in einem Korbe oder

**Siebe** oder in einem mit Glasstückchen verklopften Trichter an die Oberfläche der Flüssigkeit in hohen Gefäßen, wo die gesättigte Flüssigkeit vermöge ihres größeren specifischen Gewichts, fortwährend zu Boden sinkt, so daß immer frische Flüssigkeit mit dem aufzulösenden Körper in Berührung kommt, bis endlich die ganze Flüssigkeit gesättigt ist.

Man kann aber nicht bloß feste, sondern auch gasförmige Körper in Flüssigkeiten auflösen. Gewöhnlich bezeichnet man indessen diese Operation mit: **Schwängern, Sättigen, Imprägniren** einer Flüssigkeit mit Gas, oder **Ätiren**. Diese Auflösung wird bewirkt, wenn man das in einer Flasche befindliche Gas mit der Flüssigkeit schüttelt, oder gleich bei seiner Entwicklung bis zur Sättigung in dieselbe einströmen läßt. Die Sättigung ergibt sich bei riechenden Gasen aus dem Geruch des überschüssigen Gases, oder im Allgemeinen daraus, daß die Flüssigkeit vom Gas in größerer Menge aus dem Gefäße verdrängt wird als zuvor, oder wenn nach längerem Schütteln beim Öffnen des Gefäßes unter der Sperrflüssigkeit ein Theil der Legteren ins Gefäß tritt, oder daß, wenn das Gefäß in der Luft geöffnet wird, die Legtere mit Geräusch eintritt. Die Fähigkeit der Flüssigkeiten, Gas aufzunehmen oder zu verschlucken (**Absorptionsvermögen**), wird durch Druck oder durch Rührvorrichtungen bedeutend erhöht (eine genaue Beschreibung dieses Verfahrens findet sich in Berzelius' Lehrbuch der Chemie. 5. Aufl. I. S. 438—441).

Die Flüssigkeiten saugen in der Regel um so weniger Gas ein, je mehr sie schon von einem festen oder gasförmigen Körper gelöst enthalten. Geht jedoch der aufgelöste Körper eine chemische Verbindung mit dem Gase ein, so kann die Auflösung weit mehr Gas absorbiren als die reine Flüssigkeit. Durch Auflösen von Salzen, wie Kochsalz, Glaubersalz, Bittersalz, kann man das Einsaugungsvermögen des Wassers für Gase fast vollständig aufheben.

Die Capacität der verschiedenen Flüssigkeiten für ein und dasselbe Gas steht im Allgemeinen mit deren Dichtigkeit im umgekehrten Verhältniß, so daß die specifisch leichtesten Flüssigkeiten am meisten einsaugen, wie sich aus folgender Übersicht ergibt. Caussure befreite nämlich verschiedene Flüssigkeiten möglichst von Luft und fand, daß 100 Volume Flüssigkeit die beistehenden Volume Gas absorbirten:

Absorbirte Gasarten	Wasser	Gesättigte Kochsalz-lösung	Alkohol	Steinöl	Laven-delöl	Baumöl
Schwefligsaures Gas	4378,0	—	11577,0	—	—	—
Schwefelwasserstoffgas	253,0	—	606,0	—	—	—
Kohlensäuregas	106,0	67,0	186,0	169	191	151
Stickstoffoxydulgas	76,0	29,0	153,0	254	275	150
Urbildendes Gas	15,5	10,0	127,0	261	209	122
Sauerstoffgas	6,5	—	16,25	—	—	—
Kohlenoxydgas	6,2	5,3	14,5	20	15,6	14,2
Wasserstoffgas	4,6	—	5,1	—	—	—
Stickstoffgas	4,2	—	4,2	—	—	—

Die leeren Stellen bedeuten, daß hier keine Versuche angestellt wurden.

Die Consistenz (Dicke oder Zähigkeit) der Flüssigkeiten ändert das Absorptionsvermögen nicht. Doch erfolgt bei zähen oder breiartigen Flüssigkeiten die Einsaugung langsamer, weil sich das Gas langsamer durch die ganze Masse gleichförmig verbreitet.

Werden nur zum Theil löslichen Körpern ihre auflösblichen Theile durch die verschiedenen Auflösungsmittel entzogen, so heißt dies **Ausziehung, Extraction**, die erhaltene Lösung der **Auszug**, welcher bei organischen Substanzen im abgedampften, eingedickten Zustande **Extrakt** heißt. Beim Ausziehen muß die Flüssigkeit längere Zeit mit dem festen Körper in Berührung bleiben, man nennt dies **Erweichen, Maceriren**. Am schnellsten und vollständigsten wird die Ausziehung durch die **Real'sche, hydrostatische Presse** bewirkt, wo durch den Druck einer fallenden Flüssigkeitsäule, welche durchs ausziehende Material hindurchgepreßt wird, alle auflösblichen Theile ausgezogen werden. Weniger Raum erfordert die abgeänderte Extractionsmaschine mit verdichteter Luft, in welcher durch eine Verdichtungspumpe die über der Flüssigkeit eingeschlossene Luft verdichtet wird, oder es wird umgekehrt der Raum unter dem ausziehenden Material luftleer gepumpt, wodurch die Flüssigkeit vermöge des auf sie von oben frei einwirkenden Luftdrucks hindurchgetrieben wird.

Wird durch eine Flüssigkeitsäule eine andere mit der ausziehenden Substanz in Berührung gebracht, oder z. B. ein saftreicher organischer Körper ausgepreßt, so nennt man dies **Verdrängung, Deplacirung**. Man fand, daß in den meisten Fällen auch niedrigere Flüssigkeitsäulen hierzu hinreichen, und hat nachher diesen Namen für Ausziehung mit einer niedrigen Flüssigkeitsäule überhaupt gebraucht. Man bedient sich hierzu eines

Fig. 11.



Fig. 12.



**Verdrängungsstrichters** von Glas, von oben und unten etwas verjüngter, bauchiger (Fig. 11), oder für kleinere Quantitäten von cylindrischer Form (Fig. 12); in Ermangelung desselben auch eines gewöhnlichen hohen Glasstrichters oder einer gewöhnlichen Wein- oder Gaudecologneflasche mit abgesprengten Boden, deren Mündung nach unten gerichtet in eine andere weitere Flasche gesteckt und so weit verstopft wird mit Papier, Baumwolle, Glasstücken, oder durch Verbinden mit Leinwand, daß die Flüssigkeit das festgedrückte gröbliche Pulver des ausziehenden Körpers nur tropfenweise zu durchdringen vermag. Die Verdrängungsmethode paßt jedoch nicht für schleimige und mit Flüssigkeiten sehr aufquellende Substanzen, weil sie hier zu langsam zum Ziele führen und die Stoffe oft vor dem vollständigen Ausziehen in Gährung und Fäulniß übergehen würden, oder man müßte wenigstens solche Substanzen mit geschnittenem Stroh u. s. w. vermengen. Will man (z. B. bei

Äther oder Weingeist) den Verdrängungstrichter luftdicht (mittelfst eines durchbohrten Korkes oder durch Einschieben des Trichters) in den Hals der Flasche (Recipienten) setzen, so muß man Letztere zuvor durch Erwärmung luftleer machen.

Um eine Substanz mit einer äußerst geringen Menge Extractionsflüssigkeit möglichst schnell und vollständig und zugleich bei fast abgeschlossener Luft zu extrahiren, empfiehlt Anthon, namentlich zu Auszügen mittelst Weingeist und Äther nachstehenden Apparat: Man füllt die ausziehende Substanz, wie oben angegeben, in einen Verdrängungstrichter *a*,

Anthon's  
Extractions-  
apparat.

Fig. 13.



den man, wenn Erstere ein Pulver ist, unten (bei *b*) mit Baumwolle verstopft, drückt sie etwas ein und beschwert sie nöthigenfalls mit einer seitherartig durchlöcherter Zinnplatte *c*, oder füllt den leeren Raum *d* mit kleinen Kieselsteinen. Der Apparat ist durch Korkstöpsel bei *e* und *f* luftdicht zusammengefügt. Die Extractionsflüssigkeit in

dem kleinen Ballon *g*, welcher für 200 Gran eines nicht zu leichten Vegetabilis etwa 4 Loth Wasser faßt, wird durch eine Weingeistlampe zum Kochen erhitzt. Die entstehenden Dämpfe durchströmen die zu extrahirende Substanz in *a*, worin sie sich, so lange diese noch nicht die Temperatur des Dampfes angenommen hat, verdichten und dieselbe erweichen.

Hat sie endlich die Temperatur des Dampfes angenommen, so gelangt Letzterer durch die Röhre *h* in das Gefäß *i*, wo er sich durch die Abkühlung des im Gefäße *k* befindlichen kalten Wassers, Eises oder Schnees zur tropfbaren Flüssigkeit verdichtet. Ist so die Flüssigkeit größtentheils aus *g* nach *i* übergetrieben, so entfernt man die Weingeistlampe unter dem Ballon *g*. Durch die dadurch erfolgende Abkühlung entsteht in *g* ein leerer Raum, welcher alle in *i* verdichtete Flüssigkeit in den Raum *d* zurückzieht. Dieselbe durchdringt die schon erweichte Substanz und tröpfelt mit den ausziehbaren Theilen derselben gesättigt in *g* herab. Ist Letzteres vollständig geschehen, so erhitzt man *g* von Neuem und wiederholt dies bis zur vollständigen Ausziehung. Ob Letztere erfolgt sei, sieht man daran, wenn die Flüssigkeit farblos abtröpfelt, oder besser, wenn man nach dem Übertreiben des größten Theils der Flüssigkeit den gesättigten Auszug aus *g* ausleert, die übergetretene Flüssigkeit aus *i* in *g* gießt und wie im Anfang verfährt.

Bei Extraktionen mit Äther und Weingeist gibt man nur wenige Tropfen der Flüssigkeit in *g*, die Hauptmenge aber in *i* und läßt sie auch nie ganz aus *i* zurücktreten, damit sich die übergehenden Dämpfe leichter verdichten. Die Baumwolle sowohl, als die zu extrahirende Substanz darf natürlich nicht zu fest eingedrückt werden, weil sonst durch die in *g*



entwickelten Dämpfe leicht eine Explosion erfolgen könnte. Zur Condensation der Flüssigkeit kann man sich statt des Gefäßes *k* besser eines der weiter unten beschriebenen Kühlapparate bedienen.

Rohr's Ex-  
tractionsap-  
parat für  
Weingeist und  
Äther.

Sicherer, bequemer und mit noch weniger Verlust an Weingeist oder Äther arbeitet man mit **Rohr's Extractionsapparat**. Auf dem mitt-

Fig. 14.

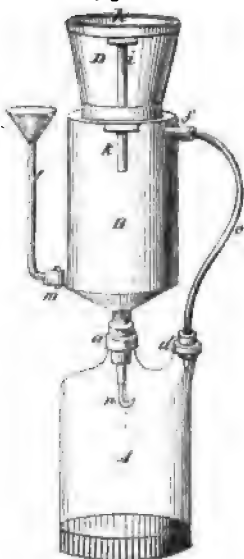
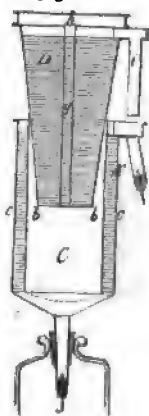


Fig. 15.



leren Halse *a* der zweihalsigen Flasche *A* ist der Extractionsapparat *B* mit dem Abflusrohr durch einen Kork luftdicht befestigt. Derselbe besteht aus einem Cylinder von Weißblech *C* (Fig. 15), welcher unten einen Siebboden hat, die ausziehende Substanz enthält und von einem etwas weiteren Blechcylinder *c* (Fig. 15) umgeben ist. Der Zwischenraum beider soll nach Umständen kaltes oder warmes Wasser aufnehmen. Der innere Cylinder *C* ist oben durch das Condensationsgefäß *D* und zwar dadurch ziemlich dicht geschlossen, daß sein dünner (unverstärkter) Blechrand um das konische Condensationsgefäß federnd anliegt. Aus dem seitlichen Halse *d* der Flasche *A* geht durch einen Kork eine gebogene Glas- oder Bleiröhre *e* wieder durch einen Kork in dem Rohre *f* (Fig. 14 u. 16) in den engen Raum *b* (Fig. 15 u. 16). Die bis auf den Boden reichende Einguftröhre *g* (Fig. 15) mit dem flachen Gefäß *h* (Fig. 14 u. 16) dient dazu, um kaltes Wasser in das Condensationsgefäß *D* zu füllen. Das warme Wasser fließt oben durch die seitlichen Ausgüsse *i* und *k* (Fig. 14 u. 15) aus und wird durch die Röhre *k* in ein passendes Gefäß abgeleitet. Durch die im Kork *m* befestigte Trichterröhre *l* wird Wasser in den Zwischenraum von *c* und *b* gefüllt.

Fig. 16.



Um mit dem Apparate zu arbeiten, gibt man, wie angegeben, die ausziehende Substanz in den Raum *C* auf einer runden Flanellscheibe auf den Siebboden, nun wird so viel Äther oder Weingeist aufgegossen, daß der ablaufende Theil einige Finger hoch in der Flasche steht. Hierauf setzt man das Condensationsgefäß *D* und die Röhre *e* auf, füllt Ersteres und den Zwischenraum von *b* und *c* mit kaltem Wasser oder noch besser mit Eis oder Schnee und erwärmt die Flasche bei Anwendung von Äther in einem bis zu dessen Höhe reichenden Wasserbad, oder bei Anwendung von Alkohol in einem Chlorkalcium- oder Sandbad. Der vom Auszug ver-

dampfte Äther oder Weingeist steigt durch *e* und verdichtet sich zwischen *b* und *c*, fließt von da auf eine zur gleichmäßigen Vertheilung des Äthers auf die ausziehende Substanz aufgedrückte Flanellscheibe, durchbringt die Substanz und die untere Flanellscheibe nebst dem Siebboden und tröpfelt von ausgezogenen Theilen gefärbt durch das Röhrchen *n* in die Flasche zurück.

Diesen Kreislauf unterhält man durch Erwärmen der Flasche bis zum Kochen ihres Inhalts so lange, als noch etwas gefärbt abtröpfelt.

Ist ein Zulauf kalten Wassers angebracht, so kann man den Apparat stundenlang sich selbst überlassen ohne merklichen Verlust an Äther oder Weingeist.

Zur Beendigung der Operation hebt man den Apparat aus dem Dampfbad, läßt ihn völlig erkalten, entfernt das Wasser aus dem Raume zwischen *b* und *c* durch Abwärtsdrehen der Röhre *l*, entfernt *e* und verstopft *d*, bringt *f* (Fig. 14 u. 16) durch eine kurze Bleiröhre mit einem Kühlapparat (vgl. S. 79 oder 80) in Verbindung und gießt kochendes Wasser durch *l*, wodurch aller in der Substanz zurückgebliebene Äther in den Kühlapparat überdestillirt. Geht nichts mehr über, so wird nun die Flasche wieder in heißes Wasser gebracht, nachdem der Extractionsapparat abgenommen, *a* verstopft und *d* durch eine Glasröhre mit dem Kühlgefäß in Verbindung gebracht worden ist, um den Auszug bis zur Syrupdicke abjudampfen.

### B. Einleitung der chemischen Prozesse.

Sie zerfallen in solche, welche bei gewöhnlicher Temperatur erfolgen, und in andere, welche in der Regel nur bei höherer Temperatur erfolgen.

#### 1. Chemische Operationen ohne Temperaturerhöhung.

Wenn verschiedenartige Körper zur chemischen Verbindung oder zur wechselseitigen Zersetzung auf geeignete Weise vorbereitet, d. h. auf oben angegebene Art in jenen Zustand der Vertheilung versetzt worden sind, in welchem sie einander in ihren kleinsten Theilchen ungehindert durchdringen können, so genügt es in den meisten Fällen schon, sie miteinander in Berührung zu bringen, sie zu mengen, damit sie sich chemisch miteinander verbinden. Man braucht daher die Auflösungen löslicher Substanzen nur zusammenzugießen, ja es reicht meistens schon hin, wenn sich nur einer der zu verbindenden Körper in flüssigem Zustande befindet. Der chemische Prozeß erfolgt dann zuerst auf der Oberfläche des festen und durchdringt ihn allmählig ganz.

(Chemische Operationen auf nassem Wege.)

Die Verflüssigung eines festen Körpers durch chemische Veränderung hat man ebenfalls Auflösung genannt, weil sie jener Verflüssigung gleichsieht, wo ein fester Körper sich in einer indifferenten Flüssigkeit mit Beibehaltung aller seiner wesentlichen oder chemischen Eigenschaften bloß mechanisch vertheilt und das Auflösungsmittel allemal durch bloßes Abdampfen entzogen werden kann. Man hat indessen schon lange eingesehen, daß zwischen beiden Arten der Auflösung ein Unterschied stattfindet, und hat deshalb

Chemische Auflösung.

die bloß mechanische Vertheilung durch den Namen **Lösung** (*Solutio*) von der chemischen Verbindung eines festen mit einem flüssigen Körper — **Auflösung** (*Dissolutio*) unterschieden. Man ist übrigens von dieser Unterscheidung wieder abgekommen, weil es schwer ist, beide Ausdrücke in diesem Sinne allemal richtig zu gebrauchen; denn man kennt noch nicht einmal recht die Grenze zwischen mechanischer und chemischer Vertheilung fester Körper in Flüssigkeiten. Es ist bei manchen Auflösungen nicht mit Bestimmtheit zu sagen, ob es wirklich eine chemische oder eine bloß mechanische Auflösung ist (vgl. S. 17).

Beide Arten der Auflösung werden durch Erwärmung beschleunigt, allein die mechanische Auflösung unterscheidet sich von der chemischen, daß bei ihr die Lösungskraft in der Wärme zunimmt, während sie bei der letzteren in jeder Temperatur gleichbleibt. Warmes Wasser löst z. B. von den meisten Salzen weit mehr auf als kaltes, Schwefelsäure löst dagegen Eisenoryd in jeder Temperatur nur in dem ihren beiderseitigen Mischungsverhältnissen entsprechenden Verhältnisse. Doch bleibt sich auch bei einigen mechanischen Auflösungen die Löslichkeit bei verschiedenen Temperaturen gleich. Obgleich das unbestimmte Verhältniß, die leichtere Zerfällbarkeit und der Umstand, daß die physikalischen Eigenschaften einer Lösung in der Regel das arithmetische Mittel aus den Eigenschaften der Verbindung sind, einen Unterschied zwischen mechanischer und chemischer Lösung zu ergeben scheinen, so gehen diese Eigenschaften doch bei Beiden so unmerklich in einander über, daß sich derselbe keineswegs mit Bestimmtheit festhalten läßt.

Sind beide zu verbindenden Körper in den gewöhnlichen indifferenten Lösungsmitteln nicht auflöslich, so kann ihre Verbindung nur mittelst Temperaturerhöhung, durch Glühen ihrer innigen Gemenge in fein zertheiltem Zustande oder durch Schmelzen bewirkt werden (vgl. unten: Glühen und Schmelzen).

Präcipitiren.

Wird im Gegentheil ein in Auflösung befindlicher Körper durch chemische Verbindung mit einem andern, oder durch Abscheidung aus einer löslichen Verbindung, aus einer Auflösung in fester Form ausgeschieden, so nennt man dies **Niederschlagen**, **Fällung** oder **Präcipitation**. Der Körper, welcher eine solche veranlaßt, heißt das **Fällungsmittel**, der ausgeschiedene Körper der **Niederschlag**, **Präcipitat**. Man kann die Präcipitation in irgend einem beliebigen Gefäße vornehmen, doch eignen sich dazu besonders hohe Cylindergefäße, namentlich oben etwas engere als unten, damit sich nichts vom Niederschlage an den Wänden ansetze. Die Präcipitation wird erleichtert durch Erwärmung und durch Verdünnung, wenn die Flüssigkeit consistent oder der Niederschlag sehr fein zertheilt ist.

Reagiren.

Werden chemische Prozesse in rein wissenschaftlicher Absicht unternommen, d. h. um aus ihrem chemischen Verhalten ihre Natur zu erkennen, so heißt man dies auf einen Körper **reagiren**. Der Ausdruck reagiren wird aber auch und eigentlich ursprünglich von den Körpern selbst gebraucht, welche auf unsere Einwirkung eine Rückwirkung (*Reaction*) äußern. So reagirt eine Substanz sauer, wenn sie die chemischen Eigen-

schaften einer Säure besitzt, z. B. blaue Pflanzenfarben röthet, alkalisch dagegen, wenn sie die gerötheten wieder blau macht. — Man sagt aber auch, daß ein Körper auf einen andern reagire, wenn er chemisch auf denselben einwirkt.

Im Allgemeinen versteht man unter Reaction jede auffallende Erscheinung, welche auf die Natur oder Gegenwart eines Körpers schließen läßt, mag dieselbe durch Einwirkung eines andern Körpers oder durch bloße Temperaturerhöhung eingetreten sein, mag sie auf einer chemischen Verbindung oder Zersetzung, oder auf beiden zugleich, oder auf bloßer Veränderung des Aggregatzustandes beruhen.

Derjenige Körper, welcher bei der Einwirkung auf einen andern Erscheinungen wahrnehmen läßt, welche letzteren von andern ähnlichen unterscheiden, heißt ein Reagens für diesen Körper. Oft hat ein Körper eine Reaction mit einem oder mehreren andern gemein, und es müssen dann wieder andere Reactionen hervorgesucht werden, welche letztere nicht mit ihm theilen, obgleich er vielleicht wieder diese mit dritten Körpern gemeinschaftlich haben mag. Schwefelwasserstoff ist ein Reagens auf Bleiorphsalsäure, indem es mit denselben schwarze Niederschläge bildet, allein dieselbe Erscheinung ergibt sich auch bei der Einwirkung des Schwefelwasserstoffs auf andere Metallsalze, wie Kupfer-, Quecksilber-, Silbersalze, es unterscheidet sich indessen von denselben durch seine Eigenschaft, mit Schwefelsäure einen weißen Niederschlag zu bilden. Theilt es auch diese Eigenschaft wieder mit andern Stoffen, wie Baryt-, Strontian- und Kalkerde, so läßt es sich doch von diesen durch den schwarzen Niederschlag mit Schwefelwasserstoff unterscheiden, welchen diese nicht zeigen.

Die gewöhnlichste und am meisten charakteristische Erscheinung, welche beim Reagiren erzielt wird, ist die Abscheidung eines Niederschlags, welcher im Anfange und bei großer Verdünnung der Auflösung als Trübung erscheint. Die verschiedenen Niederschläge unterscheiden sich entweder durch ihre Farbe, oder bei gleicher Farbe durch ihre Form; man unterscheidet in dieser Beziehung pulvrige, körnige oder krySTALLINISCHE, flockige oder käsige, voluminöse, und wenn letztere zugleich durchscheinend sind, gelatinöse, gallertartige oder kleisterähnliche Niederschläge. Wenn sich ein so reichlicher Niederschlag abscheidet, daß er die ganze Flüssigkeit in eine breiartige Masse verwandelt, so heißt diese Erscheinung Gerinnung, Gesehen, Coagulation. Mit Gerinnung, Coagulum wird jedoch meist nur ein flockiger Niederschlag bezeichnet, wenn die Flocken desselben ziemlich fest zusammenhängende Massen bilden, wie gekochtes Eiweiß oder der Käsestoff in geronnener Milch. Es können aber auch Flüssigkeiten ihre Farbe ohne gleichzeitige Trübung verändern, ebenso feste Körper, auch das Aufbrausen, Dampf- und Geruchentwicklung, Verpuffen, Decrepitiren u. können als chemische Reactionen gelten.

Die Reactionen bestehen gewöhnlich in verschiedenen Niederschlägen,

seltener in andern Erscheinungen.

Da die beim Reagiren erhaltenen Produkte gewöhnlich keinen andern Zweck haben, als ihre Farbe und Form zu unterscheiden, so brauchen die zu den Reactionen verwendeten Mengen der Körper nicht bedeu-

tender zu sein, als daß man nur diese Eigenschaften hinlänglich daran beobachten kann.

Man theilt die Reactionen, wie die chemischen Operationen überhaupt, ein in solche auf nassem und die auf trockenem Wege (Letztere sind die Löthrohrversuche).

Reagirgläser.

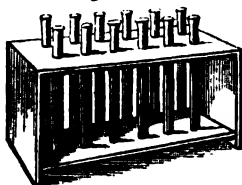
Fig. 17.



Fig. 18.



Fig. 19.



Was die Ersteren betrifft, so sind namentlich für Fällungen nach unten konisch zugespitzte, den Champagnergläsern ähnliche Gefäße (**Probiergläser**) wie Fig. 17, und wo man zugleich Wärme anwenden will, kleine unten zugeschmolzene Cylinder aus dünnem und gut abgekühltem Glas (**Reagircylinder**) in Gebrauch, wie Fig. 18 in natürlicher Größe und Fig. 19 verkleinert in einem Stativ von Holz. Im ersteren Falle rührt man mit einem Glasstabe um, im letzteren schützt man mit aufgesetztem Daumen.

Die Reactionen müssen zuerst mit der geringsten Menge des Reagens vorgenommen werden, dann erst wird tropfenweise mehr zugesetzt unter Schütteln oder Umrühren. Auch beim Erhitzen muß man die Veränderungen während der verschiedenen Stadien der Erwärmung beobachten. Bei erfolgreichen Niederschlägen muß jederzeit auch untersucht werden, ob der Niederschlag im Überschusse des Fällungsmittels nicht wieder auflöslich ist.

## 2. Chemische Operationen mit Anwendung der Wärme.

Heizung bei  
chemischen  
Operationen.

Zur Hervorbringung einer höheren Temperatur bedient man sich 1) zur Bearbeitung größerer Quantitäten der Holz-, Holzkohlen- oder Steinkohlenfeuerung in je nach Art und Stärke der Heizung verschiedenen Öfen, 2) bei kleineren Mengen der Weingeistlampen und 3) für ganz kleine Versuche oder Reactionen auf trockenem Wege des Löthrohrs, oder wo dessen Hitze nicht ausreicht, des Knallgasgebläses.

Chemische  
Öfen.

Man bedient sich zur Heizung bei chemischen Operationen eigener Öfen. Man unterscheidet daran im Allgemeinen folgende Theile:

1) Den **Feuerraum**, in welchen das Brennmaterial eingebracht wird und — wenn stärkere Erhitzung nöthig ist — auch das Gefäß mit den zu erhitzenden Körpern selbst, während dasselbe, wenn nur niedrigere, etwa

Rohtemperatur von Flüssigkeiten erforderlich ist, über den Feuerraum gestellt wird.

2) Unter dem Feuerraum befindet sich der **Aschenraum** oder **Aschenfall**, welcher zur Aufnahme der abfallenden Asche und zur Luftzuleitung in den Feuerraum bestimmt ist. Beide Räume trennt

3) der **Rost**; er besteht aus vierkantigen, mit einer Kante nach oben, oder dreikantigen, mit einer Fläche nach oben liegenden Horizontalstäben von Eisen, welche, je nachdem der Zug stärker oder schwächer sein soll, mehr oder weniger von einander entfernt sind. Die Ranten sind deswegen nach unten gerichtet, um dem Luftzutritt keinen Widerstand entgegenzustellen.

Sowohl Feuer- als Aschenraum sind mit Thüren versehen zum Einlegen des Brennmaterials, Herausnahme der Asche und Regulirung und Abschließung des Luftzugs.

Öfen, deren obere Öffnung durch aufgesetzte Gefäße geschlossen ist, müssen mit seitlichen Zugröhren oder im oberen Umkreise mit Luftlöchern versehen sein. Die Öfen, welche das Arbeitsgefäß in den Feuerraum selbst aufnehmen, werden mit einem concaven, in der Mitte mit Zugrohr versehenen Deckel (**Kuppel**, **Dom**) bedeckt, wodurch der Zug verstärkt wird, noch mehr durch Verlängerung des Zugrohrs durch Aufstecken eines längeren Rohrs.

Man theilt die Öfen darnach, ob sie beweglich sind oder nicht, in **tragbare**, aus Eisen oder Thon, und **unbewegliche**, gewöhnlich aus Backsteinen aufgeführt; nach der Art der Zuleitung der das Brennen unterhaltenden Luft in **Zug-** oder **Windöfen**, wenn der Luftzutritt blos durch den Druck der äußeren Luft stattfindet, vermöge dessen die im Feuerraume erhitzte und dadurch specifisch leichter gewordene Luft von der durch den Rost vom Aschenraume aus drückenden Luftsäule fortwährend nach oben durch den Kamin getrieben wird, mit deren Höhe also der Zug zunimmt, und in **Gebläseöfen**, wenn die Luft in größerer Menge durch Blasebälge oder andere Blasevorrichtungen zugeleitet wird.

Eintheilung  
der Öfen.

Man hat für viele chemischen Arbeiten besondere Öfen construirt, sie lassen sich indessen für mehr rein wissenschaftliche Zwecke auf folgende wenige reduciren:

Zu den **Unbeweglichen** gehören

Unbewegliche  
Öfen.

1) die **Destilliröfen**, sie sind aus Backsteinmauern aufgeführt und haben über dem Feuerraum eine cylindrische Erweiterung zur Aufnahme der Destillirblase nebst einem seitlichen Kamin. Sie können auch zugleich zum Heizen anderer Kessel dienen. Man benutzt sie zum Destilliren des Weingeists, des Wassers und anderer Flüssigkeiten, welche in größeren Mengen verarbeitet werden.

2) **Kapellöfen**, von derselben Construction wie die vorigen, nur mit einem seitlichen Ausschnitt für den entsprechenden in der **Kapelle**, einem halbrunden gußeisernen Gefäße zur Aufnahme der Retorten, deren

Hälse in den erwähnten Ausschnitt zu liegen kommen. Sie dienen für Destillationen, welche in Glasgefäßen ausgeführt werden müssen, wie die der Säuren.



Fig. 20.

3) **Tiegelöfen** nennt man, obgleich auch verschiedene andere Öfen vorzugsweise zum Schmelzen in Tiegeln dienen, gemauerte Zugöfen für Schmelz-, Destillir- und Röstarbeiten, die einer sehr hohen Temperatur bedürfen. Man bringt daher den Aschenfall möglichst tief, wo möglich im Keller an. Für die meisten Arbeiten ist die viereckige Form am zweckmäßigsten. Der Durchschnitt des innern Raums ist ein Quadrat, dessen Seiten  $1\frac{1}{2}$  Fuß lang sind. *e* ist der Kof, welcher aus mehreren mit

Fig. 21.

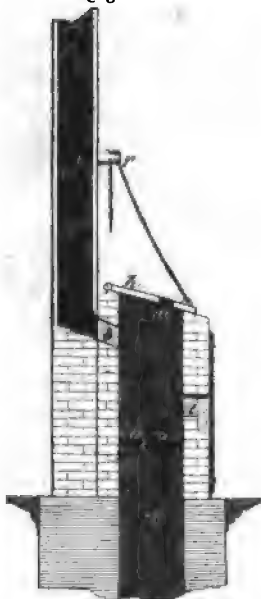
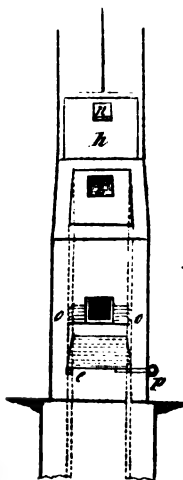


Fig. 22.



einander verbundenen Stäben von Gußeisen besteht und sich um eine Angel dreht. Auf der der Angel entgegengesetzten Seite ruht der Kof auf der Stange *p*; wenn diese weggezogen wird, so fällt der Kof herunter und hängt perpendicular an der Angel. Unterhalb des Kofes geht ein Kanal *d* von derselben Dimension noch ein Paar Fuß weiter fort und endigt sich im Keller. Gerade nach oben zu ist der Ofen mit einer Platte aus Eisenblech *h*, welche inwendig mit Chamotte (feuerfestem Thon)

ausgefüllt ist, bedeckt; vermittlest einer Kette und einer Rolle *r* kann man sie leicht in die Höhe ziehen, wenn man Kohlen aufwerfen oder das Feuer

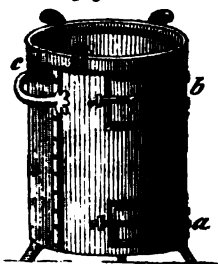
anschüren will. In dieser Platte ist ein kleines Loch *n*, welches man mit einem Eisenblech bedeckt und das dazu dient, von Zeit zu Zeit das Feuer zu beobachten. Aus dem Schmelzraum werden die heißen Gasarten durch den Kanal *b*, welchen man den Fuchs nennt, in den Schornstein *c* geführt, dessen Durchmesser ebenfalls ein Quadrat ist. Der Schornstein dieses Ofens hat eine Höhe von mehr als 50 Fuß. Den Fuchs *b* macht man gewöhnlich etwas zu groß, damit man ihn nach Verschiedenheit des Brennmaterials und der Operationen, welche man vornimmt, wie es nothwendig wird, durch eingelegte Platten oder Steine willkürlich verengern kann. Den Schornstein kann man noch mit einem Schieber versehen, um damit gleichfalls den Zug zu reguliren. Will man den Ofen zum Schmelzen anwenden, so verschließt man die Öffnung *i* mit einem Stein und legt auf den Kof gleichfalls einen Stein, worauf man den Ziegel stellt.

4) **Flamm- oder Reverberiröfen.** Der Feuerraum wird mit flammendem Brennmaterial, Holz oder Steinkohlen geheizt. Die zu erhitzende Substanz kommt aber nicht in den Feuerraum selbst, sondern in einen horizontalen Kanal, welchen die Flamme passiren muß, um nach dem Schornstein zu gelangen. Diese Öfen dienen im chemischen Laboratorium besonders zum Rösten und Calciniren; häufiger ist ihre Anwendung im Hüttenwesen.

Die gebräuchlichsten der tragbaren Öfen sind folgende:

Tragbare  
Öfen.

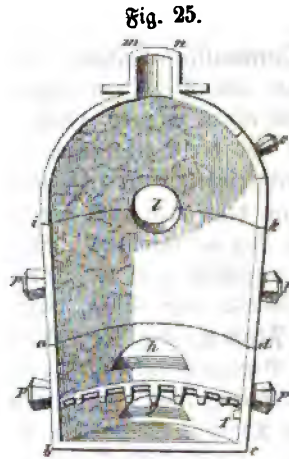
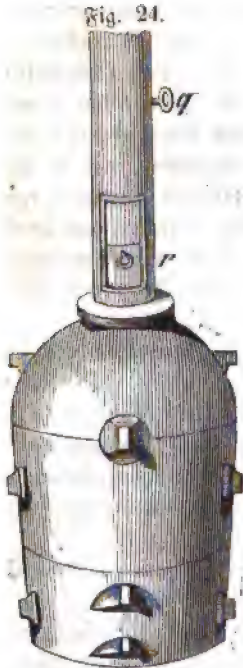
1) **Der Windofen** von cylindrischer Form aus starkem Eisenblech oder Gußeisen, gewöhnlich auf drei Füßen stehend, etwa 20 bis 24 Zoll hoch und 9 bis 18 Zoll weit, innen mit Ziegelsteinen oder Lehm ausgefüttert, um Wärmeverlust durch das Leitungsvermögen des Eisens zu verhüten. Sie finden bei den meisten chemischen Operationen Anwendung, wo nicht mit sehr großen Quantitäten und heftigem Weißglühfeuer gearbeitet werden muß. *a* ist die Thüre des Aschenraums, bei *b* werden Kohlen eingelegt, *c* ist eine kleine Thüre und ihr gegenüber eine andere zum Einlegen von Röhren.



2) **Der Zug- oder Windofen von Thon**, ursprünglich ein Probir- oder Muffelofen, jetzt aber als gewöhnlicher Arbeitsofen für die meisten chemischen Operationen, für welche der Windofen zu groß ist. Er hat wie dieser eine cylindrische Form und ist etwa 6 Zoll hoch und ebenso weit. Zum Aufsetzen der Kapelle erhöht man ihn durch einen gleichfalls etwa 6 Zoll hohen mit Ausschnitt für Retorten versehenen Aufsatz *d*; er ist aus feuerfestem Thon gefertigt und mit Draht gebunden, damit er beim Springen des Thons nicht zusammenfällt. Fig. 24 zeigt einen solchen Ofen von Außen, Fig. 25 im Durchschnitt. *a b c d* ist das Bodensstück, *e f* ein rund herum hervorstehernder Rand, auf dem der Kof liegt, *g* ist eine Öffnung zum Einstömen der Luft, verschließbar durch einen passenden Einsatz aus demselben Material wie der Ofen. *h* ist eine ähnliche Öffnung zum Einlegen von Kohlen, gleichfalls verschließbar. *a d k i* ist der Aufsatz,

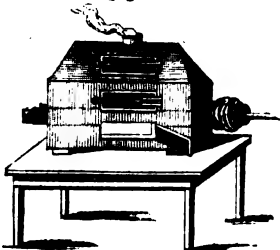


welcher gewöhnlich nur für Destillationen, zum Abdampfen, überhaupt nur da gebraucht wird, wo ein Gefäß über und nicht zwischen die Kohlen



Ringes eine runde Öffnung bildet, die nach Bedarf durch einen entsprechenden Einsatz zu verschließen ist. An der Seite bei o hat die Kuppel eine Öffnung wie g h und ist wie diese mit einem gut schließenden Einsatz versehen. p p sind Handhaben zum Abheben der einzelnen Theile. Zur Verstärkung des Zuges wird die Zugsröhre q r aufgesetzt, welche mit einem Schloß q und einem Schieber r zur Regulirung des Feuers versehen ist. Das Mittelstück ist gewöhnlich mit zwei gegenüberstehenden Löchern versehen zum Durchlegen von Röhren, die geglüht werden sollen, oder zum Einlegen einer Blasebalgröhre. Sonst sind die Löcher mit Thonstöpfeln verschlossen.

3) Der Röhrenofen, um Röhren von Eisen oder Porzellan ins Glühen zu bringen. Er ist länglich viereckig, etwa 22 Zoll lang, unten 2, oben 6 Zoll weit, an den schmalen Seiten mit Öffnungen für eine Röhre und einer pyramidalzulaufenden, in ein Rohr sich endigenden Kuppel bedeckt. Der Ofen und die Kuppel sind aus Eisenblech und innen mit Thon ausgefüttert.

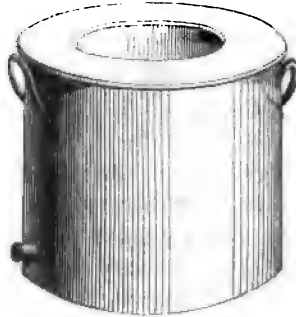
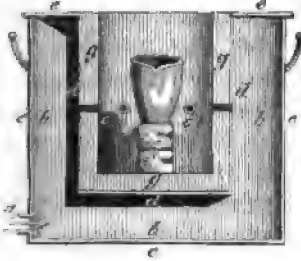


Schmelzofen.  
Gebläseofen  
von Cessström.

4) Der Schmelzofen mit Gebläse. Unter den verschiedenen Arten derselben zeichnet sich besonders der Gebläseofen von Cessström durch

Wirksamkeit und Einfachheit aus. Zwei Cylinder von Eisenblech mit Böden *ccc* und *ddd*, wovon der kleinere in den größeren so eingehängt ist, Fig. 28.

Fig. 27.



daß er mit demselben oben durch einen Kranz von Blech *e* in Verbindung steht, lassen bei einer Höhe und Breite des äußeren Cylinders von etwa 22 und 18 Zoll zwischen einander einen Abstand von etwa 3 Zoll sowohl am Boden als an den Wänden. Der innere Cylinder ist mit feuerfestem Thon (Charmotte) *ggg* sowohl am Boden als an den Wänden ausgefüttert. Durch einen starken Blasebalg wird die Luft durch eine unten am großen äußeren Cylinder befindliche Röhre *a* eingeblasen, von wo sie, in dem Zwischenraume *bbb* durch die Hitze des Ofens erwärmt, durch *s* sowohl den Thonbeschlag, als den inneren Cylinder durchdringende engere Blechröhren *oooo* in den Feuerraum ausströmt. Dadurch wird in dem Ofen eine solche Hitze erzeugt, daß man darin in 20 Minuten  $\frac{1}{2}$  Pfund Feldspath zum vollständigen Fluß bringen kann. Eisen und andere schwer schmelzbare Metalle schmelzen darin mit Leichtigkeit. Der größten Hitze in diesem Ofen, welche man durch Steinkohlen erhält, widerstehen selbst heftige Ziegel nicht, indem sie anfangen zu schmelzen.

Beim Arbeiten mit sehr kleinen Quantitäten und wo nicht mehr als starke Rothglühhitze erforderlich ist, bedient man sich der Lampen, und zwar weil sie sich vor den Öllampen durch größere Hitze, Geruchlosigkeit der Flamme und größere Reinlichkeit auszeichnet, der **Weingeistlampe**. Der zum Brennen benutzte Weingeist muß 80—90% Tralles zeigen, bei schwächerem wird die Temperatur weit niedriger.

Zum Kochen kleiner Quantitäten Wasser *u.* reicht eine aus einem hohen Opodeldoglase construirte Lampe hin, durch dessen Pfropf man ein den Docht enthaltendes Blechröhrchen steckt. Gewöhnlich haben sie aber diese Form. Sie ist von Glas und der Deckel *a* ist auf den Hals *b* aufgeschliffen.

Fig. 29.



Für stärkere Hitzegrade hat man die Weingeistlampen mit Argand'schem Princip.

Weingeist-  
lampe.

Fuchs'sche  
Lampe.

Die Lampe von Fuchs besteht aus einem Argand'schen Dochtbehälter aus Messing von gewöhnlicher Größe, welche von der Seite aus durch eine 4—5 Zoll lange Röhre mit einem etwa 4 Zoll breiten und 1 Zoll hohen cylindrischen Weingeistbehälter aus demselben Metall oder aus Zinn in Verbindung steht. Die in der Mitte befindliche Öffnung des Weingeistbehälters wie der Docht können durch luftdichte Deckel *a* und *b* verschlossen werden.

Fig. 30.

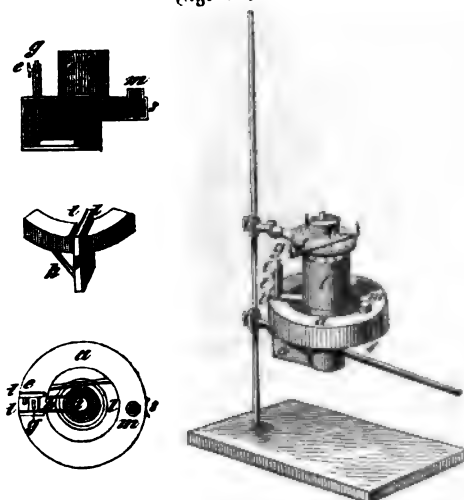


Diese Lampe reicht schon zum Kochen für mehrere Unzen Flüssigkeit und kleine Glühversuche hin. Wirkamer ist

Doppelzügige  
Lampe von  
Berzelius.

Die doppelzügige Lampe von Berzelius. Sie ist gewöhnlich aus Messing und besteht aus einem ringförmigen Weingeistbehälter *a*, welcher an einer Stelle durch eine

Fig. 31.



parallelepipedische Kapsel *b* unterbrochen ist, welche den Mechanismus *e* zum Auf- und Abschrauben des Dochtes *c* enthält. Der Mechanismus selbst besteht aus einer gezahnten Stange *g*, welche durch das gezahnte Rad *e* auf- und abgeführt wird und unten durch eine Querstange mit dem Ringe in Verbindung steht, über welchen der Docht gezogen ist. In der Mitte ist an diese Kapsel der Dochtbehälter befestigt. Der Weingeist-

behälter ist durch die Zwischenträume *tt* von der Dochkapsel getrennt und steht einzig durch eine schief absteigende Röhre *k* damit in Verbindung, weil bei direktem Übergang des Weingeists in den Dochttraum Ansammlung von Weingeistdämpfen in der Lampe begünstigt wird, welche bei baldigem Wiederanzünden der Lampe explodiren können. An der Seite der Lampe ist eine Hülse mit Schraube angelöthet, woran man sie an einem Stativ auf- und abschieben kann. Über den Docht ist ein einige Linien weiterer kurzer Blechcylinder, der Schornstein aufgesteckt, wodurch außer dem innern Luftkanal *i* auch noch einer außerhalb des Dochtes, also ein doppelter Luftzug entsteht. *m* ist eine mit einem Kork verschlossene Öffnung zum Einfüllen des Weingeistes und *s* ein Glasfenster, um sehen zu können, wie viel Weingeist noch im Behälter ist. Die Heizkraft dieser Lampe geht nach der Stellung des Dochtes von der niedrigsten Kochtemperatur bis zu der, wobei ein kleiner Silberiegel schmilzt. Diese Lampe macht es fast ganz entbehrlich, mittelgroße Platintiegel ins Kohlenfeuer bringen zu müssen. Man kann darüber Mineralien durch Glühen

mit kohlensauren Alkalien zerlegen, und sie reicht überhaupt zu vielen Operationen hin, wozu sonst Kohlenfeuer unentbehrlich war. Nur muß man bei Arbeiten, wo Luftzutritt nöthig ist, das Gefäß schief aufsetzen, weil er sonst durch den von allen Seiten aufsteigenden feinen Sauerstoffs beraubten Luftstrom verhindert würde.

**Löthrohr** heißt ein Instrument, womit Metallarbeiter kleinere Löthungen vornehmen. Es ist aber jetzt in der Chemie eines der unentbehr-

Fig. 32.

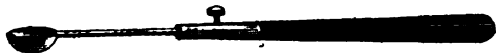


Fig. 33.



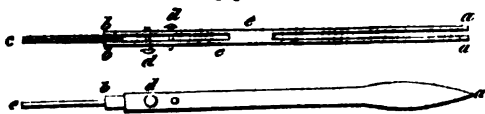
lichsten Instrumente geworden für Untersuchungen anorganischer Stoffe auf trockenem Wege. Es besteht zum chemischen Gebrauche gewöhnlich aus einem conisch sich verengenden 6—8 Zoll langen Rohr (Fig. 32), an dessen engerem Theil ein kleiner cylindrischer Luftbehälter und an diesem wieder rechtwinklig ein in eine sehr feine Öffnung endigendes kurzes Röhrchen befestigt ist. Am weiteren Ende des Rohrs befindet sich eine Mundspitze von Elfenbein u., während die übrigen Theile gewöhnlich von Messing sind. Es dient dazu, um im Kleinen bedeutende Hitzegrade hervorzubringen, um Körper auf ihr Verhalten in der Hitze, auf ihre Flüchtigkeit oder Schmelzbarkeit entweder für sich oder beim Zusammenbringen mit verschiedenen Flussmitteln zu prüfen, um sie zu oxydiren und desoxydiren, je nachdem man sie in den äußeren oder inneren Theil der Flamme hält. Man benützt dazu eine Öl-, Talgkerzen- oder Weingeistflamme. Als Unterlage für den zu prüfenden Körper braucht man Holzkohle, besonders zu Reductionen, zum bloßen Glühen oder Schmelzen eines Drahtes (Fig. 33), Bleches, seltner eines Löffels von Platin (Fig. 34).

Fig. 34.



Sollen kleine Stückchen einer Substanz auf ihre Schmelzbarkeit untersucht werden, welche der Luftstrom des Löthrohrs entführen würde, so hält man dieselben mit einer eigenen kleinen Zange, Löthrohrzange, Pincette fest. Dieselbe ist entweder ganz von Platin oder doch, wie in der Figur, wenigstens ihre Spitzen. Das übrige ist dann von Stahl oder

Fig. 35.



Eisenstück e e an einander gefügt, wodurch eine doppelte Zange entsteht. Das Maul von Stahl a wird gewöhnlich zum Abbrechen kleiner Stückchen

Messing. a b sind zwei schmale Blätter von Stahl, an deren Enden die Platinspitzen b c angelenket sind. Die Blätter sind durch das

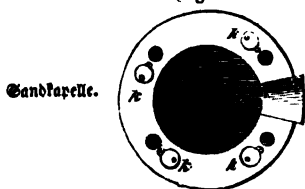
von Mineralien benutzt, das von Platin *c* zum Festhalten der Löthrohrprobe in der Flamme. Um Letzteres zu öffnen, hat jedes Blatt einen Knopf *d*, welche man mit dem Daumen und Zeigefinger gegen einander drückt. Beim Nachlassen des Drucks bleibt das Maul *c* durch die Federkraft der Blätter geschlossen, während sich umgekehrt das Maul *a* durch Druck schließt.

**Bad.** Die verschiedenen oben aufgeführten Heizvorrichtungen kann man nicht in allen Fällen unmittelbar auf das Arbeitsgefäß einwirken lassen, weil die Temperatur gewöhnlich nicht beständig genug ist, namentlich bei Erneuerung des Brennmaterials, wodurch einerseits Unregelmäßigkeit in der Bewegung der kochenden Flüssigkeit, wie Stoßen<sup>1)</sup>, Aufwallen, ferner theilweise Zersetzung, Anbrennen, andernteils das Springen der Gefäße herbeigeführt würde, welche raschen Temperaturwechsel, besonders anfangs eine zu schnelle Erwärmung nicht aushalten würden, ohne zu springen. Man bringt daher das Arbeitsgefäß gewöhnlich nicht unmittelbar über das Feuer, sondern in ein mit einer Flüssigkeit oder einem pulverigen Körper gefülltes über dem Feuer stehendes Gefäß. Man heißt eine solche Vorrichtung ein **Bad**.

Die pulverförmigen Körper, gewöhnlich Sand, dienen dazu, um diesen Temperaturwechsel möglichst auszugleichen und zu schnelle Erwärmung zu verhindern, flüssige Zwischentörper haben außer diesem Zwecke auch noch den, zu verhüten, daß sich die zu bearbeitende Substanz nicht über eine gewisse Temperatur, nämlich die des Siedepunktes, der angewendeten Flüssigkeit erhöhe.

**Sandbad.** Unter Sandbad versteht man eine Lage Sand, welche dem zu erhitzenden Gefäße als Unterlage dient. Man kann zwar den Sand in ein beliebiges Gefäß bringen, welches die nöthige Er-

Fig. 36.



Sandkapelle.

Fig. 37.



hitzung verträgt; gewöhnlich aber verwendet man dazu tiefe, schüsselartige Gefäße aus Gußeisen oder Eisenblech mit gewölbtem Boden (**Sandkapellen**), welche für Retorten am oberen Rande mit einem Ausschnitte *i* versehen sind, der in einen entsprechenden Ausschnitt des Ofens paßt. Sie müssen zwischen sich und der Ofenmündung einen Zwischenraum lassen, auf welchen sie mit einem Kranze, der mehrere Luftlöcher *k k k k*, oder ein Zugrohr hat, aufsitzen, damit die Hitze auch an die Seiten der Gefäße geleitet wird.

**Aschenbad.**

Das Aschenbad besteht aus gesiebter Asche.

**Kalkerdebad.**

Das Kalkerdebad dient bloß dazu, um Platin- oder Porzellantiegel, welche freier Kohlenfeuer nicht unmittelbar, sondern nur in einem Thon-

1) Ein anderes Mittel gegen dieses Stoßen s. unten am Schlusse der chemischen Operationen unter „Stative“.

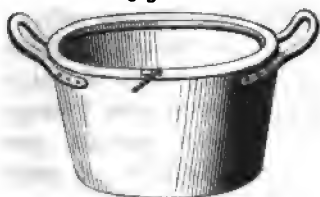
tiegel ausgefetzt werden dürfen, um das Anschmelzen bei etwaiger Erweichung des letzteren zu verhüten, da Talkerde selbst nicht schmelzbar ist. Jedoch muß sie frei von Natron sein.

Die Vorrichtungen zum Wasserbad oder Marienbad bestehen gewöhnlich aus kupfernen Gefäßen von ähnlicher Form wie die Sandbäder,

Fig. 38.



Fig. 39.



um deren Rand ein horizontalstehender Kranz befestigt ist, in dessen Öffnung man das zu erhitzende Gefäß einsetzt. Zu größeren Wasserbädern dienen kupferne Kessel. Die entweichenden Wasserdämpfe werden durch ein in dem Kranze befestigtes nach der Seite gerichtetes Rohr von dem zu erwärmenden oder zu trocknenden Gegenstande abgeleitet.

Fig. 38 ist eine kleinere, Fig. 39 eine größere solche Vorrichtung. Gewöhnlich hängt man das Abdampfgefäß nicht unmittelbar ins Wasser, sondern läßt es bloß von den Dämpfen des kochenden Wassers bestreichen. Die Vorrichtung heißt dann ein Dampfbad.

Wo höhere Temperaturgrade als der Kochpunkt des Wassers, wie zum Austrocknen organischer Substanzen, erforderlich sind, bedient man sich statt des Wassers verschiedener Salzlösungen, z. B. einer Chlorcalciumlösung, welche bei 1,4 sp. Gew. eine Temperatur von 120° C. erreicht, eine gesättigte Lösung desselben 179,5. Gesättigte Zinkchloridlösung erhitzt sich bis gegen 300, englische Schwefelsäure bis gegen 336° C., das Ölbad (z. B. Leinöl) bis 300. Zur Erhaltung noch höherer Temperaturen dienen die Metallbäder, wozu sich besonders eine leicht schmelzbare Legirung, wie die von Darcet: 2 Bismuth, 5 Blei, 3 Zinn eignet, welche bei 100° C. schmilzt und eine der Weißglühhitze nahe kommende Temperatur erträgt, ohne Dämpfe zu entwickeln.

Chlorcalcium,

Chlorzink,

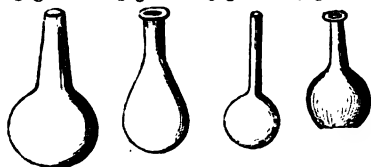
Schwefelsäure-,  
H<sub>2</sub>O und

Metallbad.

Die chemischen Operationen, welche mit Hülfe der Wärme ausgeführt werden, sind nun folgende:

**Digestion.** Man versteht unter Digeriren das Erwärmen einer Flüssigkeit oder eines in einer Flüssigkeit eingeweichten festen Körpers zwischen + 30° und dem Kochpunkte, gewöhnlich in möglichst verschlossenen

Fig. 40. Fig. 41. Fig. 42. Fig. 43.



Gefäßen, um das Verdunsten der Flüssigkeit zu verhüten. Man verwendet hierzu Glaskolben (Fig. 40 u. 41), kugelförmige Gefäße mit einem weiten sich nach oben gewöhnlich etwas verengernden Halse, oder gewöhnlicher Phiolen (Fig. 42 u. 43), kugelförmige Phiole.

Kolben.

Phiole.

Gefäße von Glas mit engem Halse; beide müssen von so gleichförmigem, dünnem und gut abgekühltem Glase sein, daß man sie ohne Gefahr des

Fig. 44.

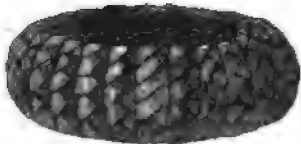


Fig. 45.



Fig. 46.



Springens auch über freiem Feuer erhitzen kann. Bei sehr flüchtigen Flüssigkeiten, wie Weingeist, wo zugleich nur geringe Wärme angewendet werden muß, verschließt man die Öffnung mit nasser Thierblase, in welche man einige Nadelstiche macht, und füllt die Gefäße, um die Abdampfungsfläche zu verringern, bis an den Hals. Wo sich mehr Dämpfe entwickeln, legt man eine Glasplatte oder einen Stöpsel locker auf, oder digerirt in einer Retorte (s. S. 80). Beim Erhitzen werden diese Gefäße auf einem Metallringe oder in einem Drahtgeflecht über die freie Flamme gebracht, oder in ein Sand- oder Wasserbad u. gestellt. Außerdem muß man ihnen, wenn sie nicht platte Böden wie Fig. 43 haben, eigene concave Unterlagen geben. Man hat hierzu Strohkränze (Fig. 44 u. 45) oder kleine Körbchen (Fig. 46).

Aufguß (Infusion).

Für manche Körper, wie z. B. Pflanzenstoffe, namentlich solche, die wegen ihres Gehaltes an flüchtigen Bestandtheilen (ätherischen Olen) nicht lange und stark erhitzt werden dürfen, reicht es hin, sie mit heißem Wasser zu übergießen und einige Zeit damit in Berührung zu lassen (maceriren). Man nennt dies Überbrühen, Infundiren und unterscheidet einen kalten und warmen Aufguß, Infusion. Letzterer ist der gewöhnliche. Man verwendet dazu Gefäße von gewöhnlichem Thon, Porzellan oder Zinn mit gut schließenden Deckeln.

Abkochung (Decoction).

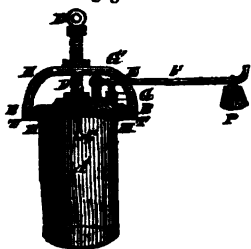
Flüssigkeiten, die anhaltender und stärker erhitzt werden sollen, bringt man längere Zeit über Feuer bis zum Kochen, Abkochung, Decoction. Die mit einem festen, namentlich organischen Körper gekochte Flüssigkeit heißt Absud, Decoct. Wo keine flüchtigen Bestandtheile zu verlieren sind, verwendet man dazu offene Gefäße, kupferne, eiserne, zinnerne Kessel und Pfannen, Porzellanschalen und Pfännchen mit Stielen, Silber- und Platinschalen. Bei flüchtigen Substanzen bedient man sich der Kolben und Retorten.

Papin'scher Topf oder Digestor.

Will man mit höher gespannten Dämpfen, als die Atmosphäre, und bei höheren Temperaturgraden, als der sonstige Siedepunkt der Flüssigkeiten ist, arbeiten, so dient hierzu der Papin'sche Topf oder Digestor, ein aus verzinnem Kupfer oder Gußeisen gefertigter Topf mit sehr dicken Wänden, worauf ein Deckel mit gut eingeschliffenem Rande dicht anschließt und mit einer Schraube befestigt wird. Um das Zerspringen zu verhüten, ist der Deckel mit einem Sicherheitsventil versehen. A ist der

Topf, mit einem umgebogenen Rande *T T* versehen, *B B* der Deckel mit einem Haken *C* zum Aufhängen verschiedener Körper und einer Öffnung *G*.

Fig. 47.



*E E* ist ein eiserner Halter, dessen gebogene Enden *M M* unter den Rand *T* treten, *D D* eine Schraube, um den Deckel auf den Topf zu drücken, *F* ein Hebel, um die Öffnung *G* des Deckels mittelst eines Gewichtes *P* zu verschließen. Der Hebel ist mit einem platten eisernen Knopfe *G'* versehen, welcher die Öffnung *G* verschließt. *L* ist eine Höhlung in der Dicke des Deckels *B B*, bestimmt, die Kugel eines Thermometers aufzunehmen.

Beim Gebrauche legt man zwischen den Deckel und Topf einen Ring von Pappe und schraubt ihn fest auf. Je nachdem das an den Hebel gehängte Gewicht auf jeden Quadrat Zoll des inneren Bodens des Topfes 10, 20, 30 bis 40 Pfund wiegt, nimmt das darin erhitzte Wasser eine Temperatur von  $+ 113^{\circ}$ ,  $123^{\circ}$ ,  $133^{\circ}$  und  $140^{\circ}$  C. an, ehe es das Sicherheitsventil hebt.

Papin benutzte ihn vorzüglich zur Bereitung der Knochengallerte. Er wird aber jetzt sehr häufig auch zur Auflösung anderer Thier- und Pflanzstoffe angewendet.

Wird die Erhitzung einer Auflösung in der Absicht vorgenommen, um das Lösungsmittel dadurch zu verflüchtigen, so heist sie **Abdampfung**<sup>1)</sup> (Evaporation, Concentration) oder Einkochung. Soll dabei die Flüssigkeit eine dickere Consistenz erhalten, wie bei Pflanzensäften, so heist die Operation auch **Eindickung**. Man verwendet dazu Porzellan-, Platin- oder Silberschalen, Uhrgläser, Kessel von Kupfer, Zinn, Eisen, Blei, theils freies Feuer, theils die verschiedenen Bäder. Die Porzellan-

Abdampfung.

Eindicken.

Fig. 48.



Fig. 49.



Böden, wie Fig. 48, wenn die Verdampfung möglichst rasch erfolgen soll, theils halbkugelige Böden, wie Fig. 49, wenn die

Flüssigkeit auf ein sehr geringes Volumen gebracht werden soll, was in flachen Schalen nicht ohne Verlust gelingt. Auch gibt man letztere Form den Platinschalen, weil sie bei dieser Form am meisten Flüssigkeit fassen.

Am häufigsten wird die Abdampfung zur Darstellung eines Körpers in Krystallform, **Krystallisation**, benutzt. Man darf hierbei weder zu

Krystallisation.

1) Die Abdampfung oder das Verdampfen ist nicht zu verwechseln mit Verdunstung. Man versteht nämlich unter Dampf eine durch Kochen (wobei durch die ganze Flüssigkeit Dämpfe entstehen), unter Dunst eine bei gewöhnlicher Luftwärme blos an der Oberfläche gasförmig gewordene Flüssigkeit, also unter Verdunstung die Verflüchtigung bei gewöhnlicher Temperatur. Bisweilen gebraucht man aber auch letztere Bezeichnung für Verdampfung bei gelinder Wärme.



wenig, noch zu viel verdampfen lassen, im ersteren Falle würde nur sehr Wenig vom aufgelösten Körper und langsam Krystallform annehmen, anschießen, im letzteren würde die Krystallbildung zu schnell und daher unregelmäßig erfolgen, man würde dann keine gehörig ausgebildeten Krystalle, sondern nur eine Masse von krystallinischem Gefüge erhalten. Die Probe, ob genug abgedampft ist, besteht darin, daß man einige Tropfen der heißen Auflösung auf eine Glasplatte oder Porzellanschale fallen läßt und beobachtet, ob bald Krystalle entstehen oder nicht. Schießen bald kleine Krystalle an, so ist genug abgedampft, gesteht aber der Tropfen sogleich, so ist schon zu viel verdampft. Oft bilden sich auch bei gehöriger Concentration auf der Oberfläche kleine Krystalle, Salz- oder Krystallhäutchen. Bei hygroskopischen Körpern entsteht dasselbe nicht.

Die hinlänglich concentrirte Auflösung wird nun in die Krystallisationsgefäße gebracht, wozu bei mikrochemischen Arbeiten Porzellan- oder Steingutgeschalen, bei größeren Mengen Steingutgeräthe, hölzerne Bottiche, Wachsgefäße (vom Wachsen der Krystalle so benannt), kupferne, eiserne Pfannen u. dienen. Beim Erkalten der Flüssigkeit mindert sich die Fähigkeit derselben, den festen Körper aufgelöst zu erhalten und derselbe scheidet sich in Krystallform ab. Die Krystalle werden um so größer, vollständiger und regelmäßiger, je langsamer die Auflösung erkaltet. Man umgibt daher die Krystallisationsgefäße mit schlechten Wärmeleitern, Wolle, Berg, Stroh u. Die Krystalle entstehen vermöge der Wärmeentziehung zuerst an den Wänden des Gefäßes und an der Oberfläche der Flüssigkeit, sie setzen sich am leichtesten an Hervorragungen an, daher man Stäbe, Fäden u. in die Flüssigkeit einlegt. Die größten Krystalle erhält man bei freiwilligem Verdunsten an möglichst kühlen Orten, besonders wenn allmählig strenge Kälte eintritt, um so mehr, je enger die Mündung des Gefäßes ist<sup>1)</sup>.

Die nach vollendetem Anschießen der Krystalle übrig bleibende Flüssigkeit heißt Mutterlauge, sie kann durch weiteres Abdampfen zur abermaligen Krystallisation gebracht werden und dies so oft, als die anschießenden Krystalle nicht zu sehr gefärbt werden durch vor und beim Abdampfen zufällig in die Auflösung gekommene Unreinigkeiten, wodurch die Auflösung beim fortgesetzten Abdampfen bräunlich wird. Bei werthvollen Substanzen kann man den letzten Rest der Mutterlauge durch Kohle entfärben und dann wieder abdampfen.

Will man zwei oder mehrere feste Stoffe von verschiedener Löslichkeit durch Krystallisation trennen, so werden die Krystalle leicht durch Aufnahme von Mutterlauge verunreinigt, man stört daher die Krystallisation durch Umrühren und bringt das erhaltene Krystallpulver (Mehl) auf ein Filtrum, wo die Mutterlauge leicht ablaufen kann. Man kann auch den letzten Rest derselben noch durch etwas Wasser abspülen, oder besser durch eine concen-

1) Mulder bringt die gesättigte Salzauflösung in ein hohes Cylinderglas, welches er mit Blase verbindet. Man erhält dadurch selbst zerfließliche Salze in schönen Krystallen. Arch. d. Pharm. I. 3. S. 282—284; pharm. Centralbl. 1835. S. 606.

trirte Auflösung des reinen Salzes. Um ein Salz von anderen gleich löslichen zu trennen, legt man Krystalle dieses Salzes in die concentrirte Auflösung, so vergrößern sich die Krystalle, bis die Flüssigkeit nichts oder fast nichts mehr von dem verlangten Salze enthält.

Krystalle, welche in ihren Blätterdurchgängen mechanisch Wasser eingeschlossen halten, verknistern, decrepitiren beim Erhitzen, indem der entstehende Wasserdampf die Zwischenträume mit Geräusch zersprengt.

Manche Krystalle verlieren an der Luft durch allmälige Verdunstung ihr Krystallwasser, indem sie dabei ihre Durchsichtigkeit an der Oberfläche verlieren und endlich ganz zu Pulver zerfallen, man nennt dies **Verwitterung**, wie bei vielen Natronsalzen.

Anderer dagegen lösen sich allmählig in Wasser auf, welches sie aus der Luft anziehen, sie zerfließen, wie das ägende und kohlen saure Kali, Chlorkalcium &c. Viele und namentlich solche, welche kein Krystallwasser enthalten, erleiden keine Veränderung an der Luft, sie sind **Luftbeständig**.

Die verwitternden und zerfließenden Krystalle müssen daher in wohlverschlossenen Gefäßen aufbewahrt werden.

Mehrere Substanzen **effloresciren** (**fatisciren**) beim Krystallisiren, bilden baum- oder vegetationsartige Krystallgruppen, welche rasch an den Wänden des Gefäßes emporkriechen und sich von da auf die Außenseite und Unterlage verbreiten, die Flüssigkeit steigt dann durch Capillarität durch diese Krystallgewebe in die Höhe und über das Gefäß heraus, so daß sich nach einigen Tagen oft große Gefäße mit Flüssigkeit vollständig auf den Tisch entleeren. Man kann dies einigermaßen durch Bestreichen der Gefäßwände mit Fett verhüten. Sollen unauflöslche Körper durch Schmelzen krystallisirt werden, so läßt man die Masse so weit im Tiegel erkalten, bis sich eine dicke Kruste gebildet hat, bricht diese dann auf und läßt das noch Flüssige vorsichtig ausfließen. Läßt man Alles erkalten, so würde man bloß ein krystallinisches Gefüge, aber keine einzelnen Krystalle erhalten.

Geht man darauf aus, feste Körper von mechanisch anhängendem Wasser zu befreien, so entsteht das **Trocknen**. Für größere Massen, namentlich von Pflanzenstoffen, hat man eigene Trocknöfen, welche mittelst eines durchgeleiteten Dfenrohrs geheizt werden, oder man benugt dazu einen gewöhnlichen Zimmerofen, indem man die Substanzen in Körben oder Sieben darau stellt.

Abfiltrirte Pulver &c. bringt man mit dem Filtrum auf einer Unterlage von Fließpapier auf Ziegelsteine oder Gypsplatten, welche das meiste Wasser einsaugen.

Kleine Quantitäten zu trocknender Substanzen trocknet man in einer Schale im Sand-, Wasser- oder Oelbad &c. je nach der Temperatur, welche der Körper, ohne zersezt zu werden, erreichen kann.

Zerfließliche oder an der Luft zersezbare Substanzen, z. B. Salze, welche nach dem hinlänglichen Abdampfen wieder Wasser aus der Luft anziehen, so, daß keine Krystalle entstehen können, bringt man unter eine am Rande mit Fett bestrichene auf eine Glasplatte gestellte Glasglocke neben, über oder unter eine stark wasseranziehende Substanz, wie concentrirte

Schwefelsäure, geschmolzenes Chlorcalcium. Auch in Retorten kann man Austrocknungen vornehmen.

**Destillation.** Werden die beim Erhitzen von Flüssigkeiten verflüchtigten Dämpfe aufgefangen und wieder verdichtet, so hat diese Operation den Namen **Destillation**. Sie dient dazu, um flüchtige Flüssigkeiten von nicht oder weniger flüchtigen festen oder flüssigen Substanzen zu trennen. Man unterscheidet drei Arten derselben, die **auffsteigende**, **schräge** und **absteigende Destillation**.

**Auffsteigende Destillation.**

1) Zur **auffsteigenden Destillation** bringt man die zu destillirende Substanz in einem Kolben *a* über freies Feuer oder in ein Bad, setzt den

Fig. 50.

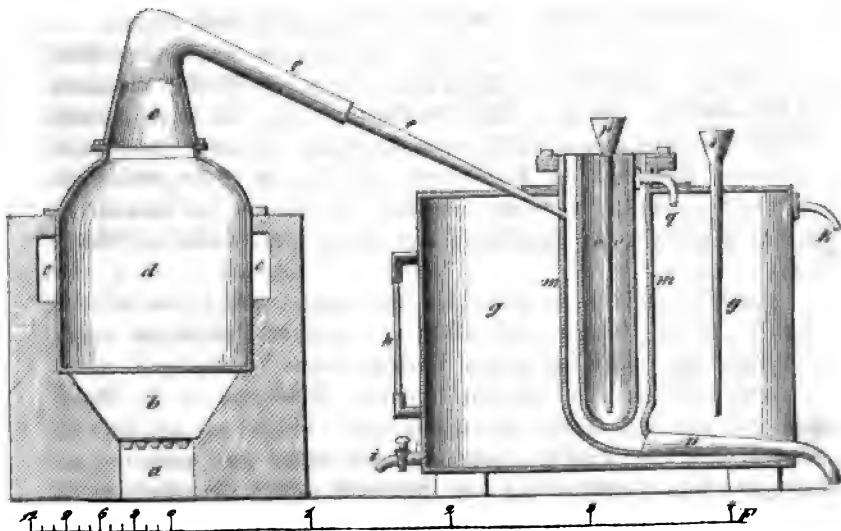


luftdichtpassenden Helm *b* darauf, einen kuppelförmigen Auffas, worin sich die Dämpfe sammeln und verdichtet durch ein schief absteigendes Seitenrohr abfließen, verbindet mit Blasen und legt an den Schnabel desselben eine Vorlage, Recipient an, welcher ebenfalls aus einem Kolben oder aus einem Ballon (Glasfugel mit 1 oder 2 Hähnen) besteht. Kolben und Helm sind gewöhnlich von Glas und können auch aus einem Stücke sein. Der Helm ist gewöhnlich tubuliert, hat an der obern Wölbung eine mit einem Glasstöpsel verschlossene Öffnung *c*, um ohne Abnahme des Helms nachfüllen zu können. Diese Vorrichtung findet übrigens jetzt nur noch selten zu kleinen Operationen Anwendung.

**Destillirblase.**

Für Weingeist, Wasser und andere indifferente Flüssigkeiten bedient man sich der Destillirblasen. Sie bestehen aus kupfernen Kesseln mit großem flachen Boden, um dem Feuer eine große Fläche darzubieten und

Fig. 51.

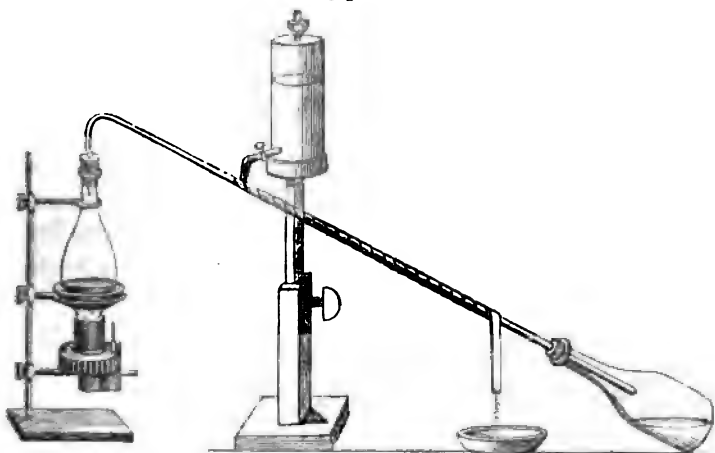


verengerter Mündung zur Aufnahme des Helms oder Hutes. Das Helmrohr führt die Flüssigkeit in den Condensator, ein schlangenförmig gewundenes Rohr, durch ein Gefäß mit Wasser, Kühlfaß, in dem ein steter Zufluß von kaltem Wasser durch ein bis auf den Boden des Gefäßes herabreichendes Rohr und Abfluß des heiß gewordenen Wassers von oben stattfindet. *a* ist der Aschenfall, *b* die Feuerung, *c c* Rüge, *d* der Blasenkeffel, *e* der zinnerne Helm, mit einem messingenen Rand versehen, mittelst welchem derselbe am Rand der Blasenmündung befestigt wird, *f* das Helmrohr, aus zwei zinnernen Röhren bestehend, *g* das ovale kupferne Kühlfaß, *h* Wasserstand, *i* Hahn zum Ablassen des Wassers, *k* Abflußrohr des warmen Wassers, *l* Zuflußröhre für das kalte Wasser. Im Kühlfaß ist ein doppelter Cylinder von Zinn eingesetzt. Der äußere *m m* hat ein Abflußrohr *n*, der innere *o* ist oben offen, empfängt kaltes Wasser durch das Rohr *p* und das warme fließt durch das kurze Rohr *q* in das Kühlfaß. In dem engen Zwischenraume beider Cylinder findet die Verdichtung der aus dem Helmrohr eintretenden Dämpfe statt; das Destillat läuft durch *n* ab. Das Kühlfaß hat deshalb eine ovale Form, um zwei Condensatoren neben einander in der längeren Dimension aufnehmen zu können. Hier ist nur einer und zwar in der Mitte gezeichnet. Bei Destillationen im Kleinen kühlt man die Vorlage dadurch ab, daß man sie in eine Schüssel mit kaltem Wasser legt, oder mit einem wollenen Tuche belegt, worauf ein dünner Strahl kaltes Wasser aus einem höher stehenden Gefäße mit Hahn tröpfelt, wie in der nachstehenden Figur.

Bei Destillationen sehr flüchtiger Flüssigkeiten, verbindet man die Retorte oder den Destillirkolben mit einem 2 bis 3 Fuß langen mit feuchtem

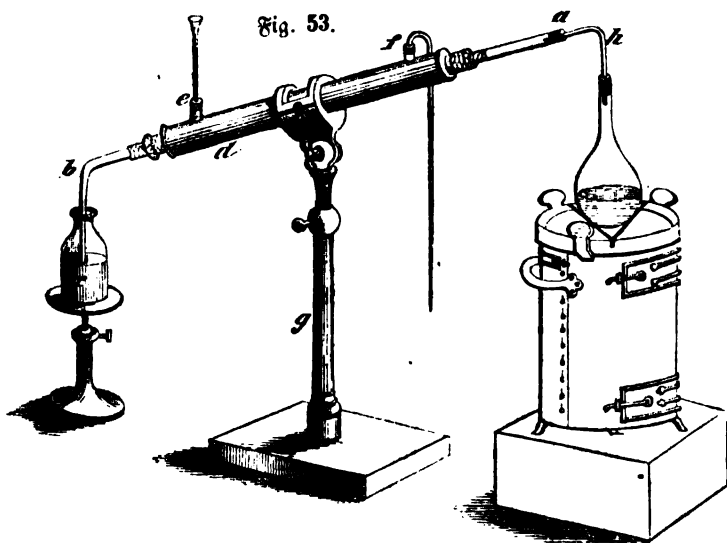
Kühl-  
apparate.

Fig. 52.



Fließpapier umwickelten Glasrohr. Oben läßt man aus einem Hahn während Wasser auf das Papier tröpfeln. An seinem unteren Ende leitet man das abfließende Wasser durch das herabhängende Ende desselben in ein untergestelltes Gefäß, damit es nicht durch den Kork in die Flasche bringe.

Ein besonders zweckmäßiger, auch für größere Quantitäten zu destillirender Flüssigkeiten geeigneter Apparat ist folgender:



Das 2—3 Fuß lange,  $\frac{3}{4}$  Zoll weite Glasrohr *abc* ist am einen Ende in einen 4—5 Zoll langen, bei *b* stumpfwinklig gebogenen, schmalen Schnabel *bc* mit ziemlich enger Mündung ausgezogen. Dasselbe wird mittelst durchbohrter Korke durch ein zweites 3—4 Zoll weites, kürzeres Rohr *cdf* gesteckt, welches ebenfalls von Glas sein kann, am besten aber von lackirtem Weiß- oder Zinkblech ist. Der zwischen beiden Röhren bleibende Raum wird durch die Trichteröhre *e* mit Wasser gefüllt, bei größeren Destillationen aus einem Wassergefäß mit Hahn, wie in der vorigen Figur. Bei *f* läuft das erwärmte Wasser durch die hier eingesetzte heberförmige Röhre wieder aus. Mit dem Destillirgefäße steht dieser Kühlapparat durch die gebogene Röhre *a* mittelst durchbohrter Korkte in Verbindung. Die Spitze *bc* paßt in jede enghalsige Flasche. Man kann diesen Kühlapparat auf verschiedene Weise unterstützen und befestigen. Eine sehr bequeme Vorrichtung ist ein Träger wie *g*, der jede Stellung und Bewegung gestattet.

Schräge Destillation.  
Retorte.

2) Zur schrägen Destillation braucht man Retorten, Kolben mit Retorte, an der Basis schief abwärts gebogenem Hals aus dünnem, überall gleich

Fig. 54.

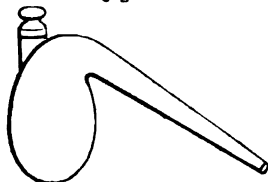


Fig. 55.



starkem, knotenfreiem Glase, weil sie sich sonst ungleich erwärmen und bersten, wie Fig. 54 für mehr, Fig. 55 für weniger flüchtige Flüssigkeiten. Sie

haben gewöhnlich einen **Tubulus**, mit Glasstöpsel verschließbare Öffnung an der oberen Wölbung des Bauches; weniger in Gebrauch sind die nicht tubulirten Retorten, in welche man die Substanzen durch den Hals einbringt, den man dann wieder mit Wasser ausspülen muß. Man hat auch Retorten von Eisen, Porzellan und heftischer Ziegelmasse; selten werden solche von Blei und Platin (zur Darstellung der Fluß- und Chromsäure) gebraucht. Zum Feststellen der Retorten bedient man sich der oben (S. 74) bei den Kolben angegebenen Vorrichtungen oder der **Retortenhalter** (s. am Schlasse der chemischen Operationen).

Hiaweilen wird eine Flüssigkeit **vorgeschlagen**, d. h. in die Vorlage geschüttet, theils um die übergehenden Dämpfe zu binden, theils Gase zu absorbiren, wie bei der Destillation der Salzsäure und des Salmiakgeistes. Um der absorbirenden Flüssigkeit eine größere Oberfläche zu geben, oder um dem Zerspringen der Vorlage bei zu großer Spannung der Dämpfe

Fig. 57.

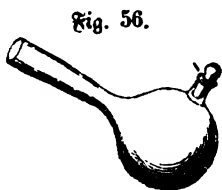
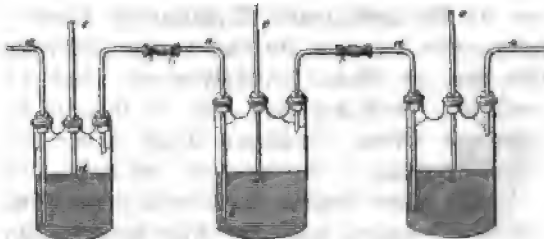


Fig. 56.



vorzubeugen, hat man tubulirte (Fig. 56) oder mit **Sicherheitsröhren** versehene Vorlagen, wovon erstere durch eine gebogene Glasröhre in eine zweite, diese in eine dritte Vorlage u. mündet (Fig. 57); eine solche Vorrichtung heißt der **Wolf'sche Flaschenapparat**, die letzte Röhre läßt man unter Wasser ausmünden. Die Röhre *a b* führt das Gas der einen Flasche in die Flüssigkeit der nächsten und steht mit der Röhre der vorhergehenden Flasche durch eine Kautschukröhre in Verbindung. *c d* ist eine **Sicherheitsröhre**, durch welche das Gas nicht entweichen, aber sobald sich dieses zusammenzieht, Luft von außen eindringen kann, ohne daß die Flüssigkeit von einer Flasche in die andere zurückgezogen wird.

Wolf'scher  
Apparat.

Zur Verhütung des Zerspringens der Apparate wird bei manchen Destillationen insbesondere die **Beilther'sche Sicherheitsröhre** angewendet. Es ist eine im ersten Drittheil ihrer Länge zur Kugel ausgeblasene,

Beilther'sche  
Sicherheits-  
röhre.

Fig. 58.

Fig. 59.



am Ende mit einer kugelförmig erweiterten Trichteröffnung versehene Glasröhre, welche wie Fig. 58 u. 59 gebogen ist. Durch *a* wird die Kugel *b* zu  $\frac{1}{2}$  mit Quecksilber oder Schwefelsäure gefüllt und mit dem Ende *d* durch einen Kork auf den Tubulus des Destillationsapparats luftdicht eingesetzt. Während der Destillation kann kein Gas entweichen, weil es zuvor das Quecksilber beim Entweichen von *b* nach *a* drücken muß. Letzteres geschieht nur, wenn sich auf

einmal so viel Dämpfe entwickeln würden, daß ohne diese Vorrichtung der Apparat davon zersprengt würde. Soll, wie z. B. bei der Bereitung von Salzsäure oder Ammoniakflüssigkeit, ein Gas von Wasser aufgesogen werden, wobei sich nach beendigter Destillation die Luft im Gefäße abkühlt und zusammenzieht, so würde dadurch die kalte Flüssigkeit in die noch warme Retorte herübersteigen und dieselbe zersprengen. Dies geschieht aber bei Anwendung dieser Röhre nicht, die äußere Luft wird eher von a durch d ins Gefäß gesogen als die Sperrflüssigkeit, weil dieselbe die nur

Fig. 60. höchstens 3 Linien hohe Quecksilbersäule in der Kugel mit Leichtigkeit überwindet. Damit aber die Quecksilbersäule in der aufsteigenden Röhre möglichst kurz werde, sei die Biegung bei c so kurz als möglich, wie in Fig. 58. Um bei etwaiger Aufstreibung kein Quecksilber zu verlieren, verbindet man die Öffnung a mit Mouffelin.

Für Schwefelsäure ist auch die einfachere Form Fig. 60 ohne Kugel hinreichend.

Absteigende  
Destillation.

3) Die **absteigende Destillation** kommt selten mehr in Anwendung, unter andern in England bei der Zinkbereitung aus Galmei. Man füllt einen am Boden durchbohrten mit einem irdenen durch letzteren und

Fig. 61. durch den Koft und den Untersatz b aufsteigenden senkrechten Rohr t versehenen Ziegel A mit der zu destillirenden Substanz c, verschließt ihn mit einem Deckel e luftdicht, so steigen beim Erhitzen des Ziegels an den Seiten die entwickelten Zinkdämpfe durch das Rohr nieder, kühlen sich ab und das Metall sammelt sich tropfenweise in untergesetzten Gefäßen l unter Wasser.



Abziehung.

Cohobation.

Die Destillation heißt **Abziehung**, wenn eine Flüssigkeit über trockenen Substanzen destillirt wird, **Cohobation**, wenn das Destillat mehrere Male über eine feste Menge derselben trocknen Substanz abgezogen wird, um sie möglichst mit der aufzunehmenden Substanz zu sättigen, wie bei Vegetabilien, welche sehr kleine Mengen von flüchtigen Olen enthalten; **Rectification**, wenn eine Flüssigkeit zu wiederholten Malen für sich destillirt wird, wie z. B. der Weingeist um ihn vom Wassergehalte zu befreien.

Rectification.

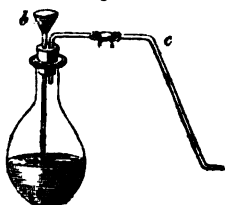
Gasbereitung

Als eine besondere Art der Destillation ist auch die **Gasbereitung** zu betrachten. Die Entwicklung der Gase erfolgt entweder ohne Wärme oder, und zwar gewöhnlicher, mittelst Temperaturerhöhung.

bei gewöhnlicher  
Temperatur,

Um ein Gas bei gewöhnlicher Temperatur zu entwickeln, bringt man die dazu zu verwendenden Substanzen, z. B. kohlensauren Kalk und Salzsäure in eine Flasche mit weiter Mündung, welche

Fig. 62.



man mit einem Kork verschließt. Den Kork durchbohrt ein kleiner Trichter b, dessen langes Rohr bis unter die Oberfläche der in der Flasche befindlichen Flüssigkeit reicht und eine kurz unter dem Kork endigende, außerhalb mehrere Zoll hoch aufsteigende und dann bei c schief abwärts gebogene etwa in einer Fläche mit dem Boden der Flasche

**endigende Glasröhre, Gasentbindungsröhre.** Um derselben verschiedene Stellungen geben zu können, biegt man sie oben im rechten Winkel und verbindet den kurzen horizontalen Schenkel durch eine Summirröhre mit einer andern rechtwinklig gebogenen Glasröhre. Durch den Trichter gießt man die Flüssigkeit ein. Soll das Gas von allem mit übergerissenen Wasserdampf befreit werden, so leitet man es durch ein mit geglühtem Chlorcalcium gefülltes Glasrohr.

Die Gasentwicklung mittelst Wärmeanwendung erfolgt entweder auf trockenem oder auf nassem Wege. mittelst Erwärmung,

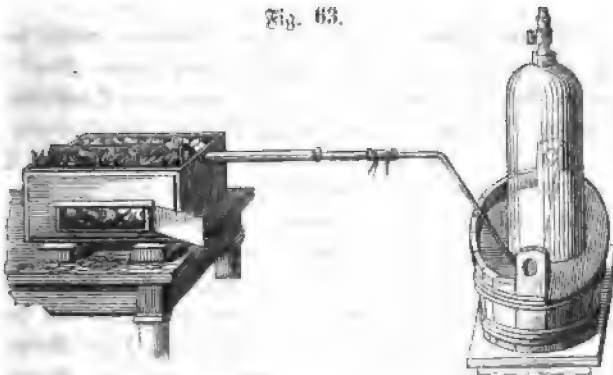
Erstere wird dadurch bewirkt, daß man die Substanz in einer gußeisernen Retorte oder in einer schmiedeeisernen Flasche, auch in einer gläsernen Retorte (über der Lampe) glüht und das Gas durch Glasröhren ableitet, welche man in durchbohrten Korken mit dem kühlen Theile des Ausgangsrohrs (Retortenhals) verbindet. auf trockenem Wege,

Zur Gasentwicklung mittelst Erwärmung auf nassem Wege bedient man sich einer Retorte oder einer ähnlichen Vorrichtung wie bei der Entwicklung bei gewöhnlicher Temperatur. Nur wird hier statt einer gewöhnlichen Flasche ein Kolben von dünnem Glas angewendet, welcher einen Temperaturwechsel besser erträgt. Im Wasser aufgelöste Gase verdrängt man vollständig aus demselben, indem man es mit andern Substanzen sättigt, z. B. mit Kochsalz oder Zucker. Für Kohlensäure insbesondere empfiehlt Schrötter Chlorcalcium. Natürlich wird nachher auch noch erwärmt. Um das entwickelte Gas von zugleich mit erzeugten fremden Gasen zu reinigen, leitet man es durch eine Mittelflasche, welche eine ein solches Gas absorbirende Flüssigkeit enthält, z. B. Kalkwasser, wenn Kohlensäure absorbiert werden soll. Sollen Dämpfe durch die Hitze zerlegt werden, so leitet man sie durch ein glühendes Porzellan- oder Flintenrohr. auf nassem Wege.

Um die entbundenen Gase in passende Recipienten zu leiten, bedient man sich der **pneumatischen Wanne**. Können, wie gewöhnlich, die Gase unter Wasser aufgefangen werden, so werden sie mit Wasser gefüllt. Die pneumatischen Wasserwannen bestehen, wenn sie groß sein sollen, aus hölzernen Rufen (Fig. 83), bei geringerer Ausdehnung aus viereckigen oder länglich

Aufsangen der Gase.  
Pneumatische Wanne.

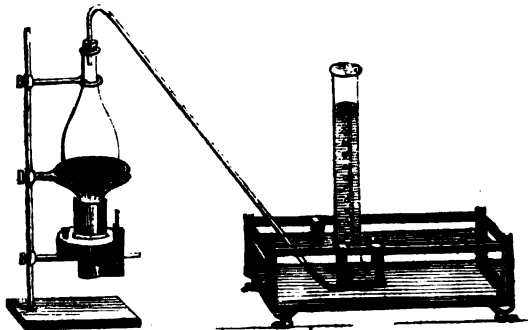
Fig. 83.





runden Gefäßen, je nach dem verschiedenen Zweck von verschiedener Tiefe aus Weißblech oder aus Glasplatten (Fig. 64) zusammengesetzt. Etwas unter der Oberfläche des Wassers wird ein horizontales Bret, Blech oder Glastafel (die

Fig. 64.



Brücke) eingehängt. Die Brücke hat mehrere Öffnungen, über welche man mit Wasser gefüllte Glasylinder mit oder ohne Tubulus und Hahn stellt; unter die Öffnung der Brücke wird die Gasentbindungsröhre oder ein mit Gas gefülltes Gefäß gebracht, dessen Inhalt durch das eindringende Wasser verdrängt, durch die Brücke in die darüberstehende Glocke u. steigt und aus derselben das Wasser vertreibt.

Will man das nun mit Gas gefüllte Gefäß, welches jedoch noch etwas Wasser zum Abstopfen des Gases von der äußeren Luft (*Sperrwasser*) enthalten muß, aus der Banne an einen anderen Ort bringen, so stellt man es unter Wasser in eine flache mit Wasser gefüllte Schale oder man schiebt eine geschliffene Glasplatte darunter, wenn man das Gas austreten lassen will, z. B. um es anzuzünden.

Nach Beendigung der Gasentwicklung müssen jederzeit die Gasröhren außer Wasser kommen, weil sich beim Abkühlen die innere Luft zusammenzieht, wodurch das Sperrwasser in die heiße Retorte u. gezogen wird, so daß leicht Schaden entstehen kann (vgl. „Welcher'sche Sicherheitsröhre“ S. 81).

Über das Schwängern von Flüssigkeiten mit Gas s. S. 57.

Quecksilber-  
wannen.

Bei Gasen, welche vom Wasser absorbiert werden, bedient man sich der *Quecksilberwannen*; sie bestehen aus Materialien, welche vom Quecksilber nicht angegriffen werden und zugleich einen starken Druck vertragen, wie Porzellan, Marmor, Gußeisen. Zur Ersparung von Quecksilber haben sie nur eine geringe Tiefe und an den breiten Seiten 2 Brücken, aus dem Vollen gearbeitet, welche einen horizontal cylindrischen Raum für das Quecksilber zwischen sich lassen, um darin Cylinder füllen zu können. An der einen schmalen Seite befindet sich ein vertikal cylindrischer Raum, um darin graduirte Röhren eintauchen zu können, wenn das aufgefangene Gas gemessen werden soll. Zu diesem ist am Rande der Banne ein durch Glas verschlossener Ausschnitt angebracht, um das Auge mit dem Quecksilber in eine Ebene bringen zu können. Wenn größere Recipienten mit Quecksilber gefüllt werden sollen, so wird es aus der Banne in den

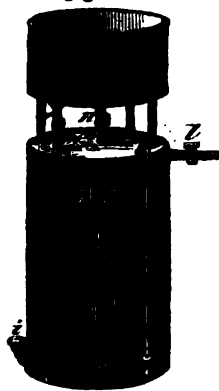
Recipienten gepumpt mittelst einer im Tubulus desselben aufgeschraubten Saugpumpe<sup>1)</sup>.

Louyet empfiehlt nachstehende Vorrichtung: Auf den Boden eines länglichen Kastens von Eichenholz,  $4\frac{1}{2}$  Centimeter (fast 2 Zoll bayrisch) tief, 17 C. ( $6\frac{1}{2}$ “) breit und 23 C. (9“) lang, ist ein über dessen ganze Fläche genau passendes Glas aufgesetzt. In der Mitte einer schmalen Seite des Kastens ist ein längliches, 2 C. ( $\frac{1}{2}$ “) tiefes Grübchen zur Aufnahme der Mündung der Gasentwickelungsröhre angebracht. Um Gas aufzufangen, stellt er ein Glas mit eingeschliffenem Stöpsel, dessen Boden abgesprengt und dessen Rand mit Schmirgel abgeschliffen, nöthigenfalls auch mit Fett bestrichen ist, auf die abgeschliffene Glasplatte im Trog, füllt es durch die obere Öffnung mit Quecksilber, verstopft es wieder, füllt dann die kleine Höhlung mit Quecksilber aus und bedeckt den Boden mit einer einige Millimeter hohen Schichte Quecksilber, schiebt dann das Glas über die Höhlung und bringt dort die Glasröhre unter das Glas. (Philosophical Mag. May 1846. S. 406. Dingl. polyt. Journ. 101 S. 96).

Soll das aufgefangene Gas gemessen werden, so bedient man sich dazu graduirter oder calibrirter, d. h. in (gewöhnlich Pariser) Kubitzoll und Linien eingetheilter Glaszylinder und Glöden.

Zur Aufbewahrung der Gase hat man eigene Gasbehälter, Gasometer genannt, weil die früheren Gasbehälter immer calibrirt waren, also zur Messung der Gase benutzt werden konnten. Sie sind so eingerichtet, daß man aus einem höher stehenden Gefäße in ein darunterstehendes mit Gas gefülltes Gefäß durch einen Hahn Wasser strömen lassen kann, wodurch

Fig. 65.



das Gas durch eine Röhre herausgepreßt wird. Sie bestehen gewöhnlich aus einem cylindrischen Gefäß von Kupfer oder Zink, worauf ein anderes durch fünf Stäbe von demselben Metall befestigt ist, von denen zwei hohle Röhre sind, die mit dem untern Cylinder in Verbindung stehen. Das Rohr m, welches das eine hohle ist, geht bis nahe auf den Boden des Cylinders; das andere Rohr n geht nur bis an die obere Fläche, und beide Röhre sind mit Hähnen versehen, so daß die Verbindung des obern Cylinders mit dem untern unterbrochen werden kann. Bei l findet sich gleichfalls ein kleines Rohr mit einem Hahn versehen, und unten ist eine größere Öffnung bei i, die mit einer Schraube verschlossen werden kann. Der Inhalt

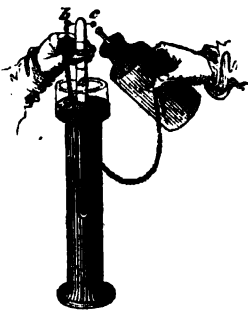
1) Die Abbildung und genauere Beschreibung dieser und anderer Quecksilberwanen, welche man in Berzelius' Lehrbuch der Chemie 4. Aufl. X. S. 466—70 und Schubarth's Handbuch der technischen Chemie 3. Aufl. I. S. 36—37 findet, kann hier um so eher unterbleiben, als sie durch die Einfachheit und Zweckmäßigkeit der folgenden Vorrichtung entbehrlich werden, die sich auch ohne Abbildung leicht begreift.

des Gasbehälters beträgt 1 Kubikfuß. Um den Cylinder mit Wasser zu füllen, verschließt man unten die große Öffnung mit der Schraube, öffnet alle drei Hähne und gießt in den obern Cylinder Wasser. Dies Wasser fließt durch die Röhren *m* und *n* in den untern Cylinder, und die Luft, die darin enthalten war, strömt durch das Rohr *l* aus; ist das Wasser so gestiegen, daß es durch diese Öffnung anfängt auszufließen, so verschließt man das Rohr durch Umdrehen des Hahnes und die noch zurückgebliebene Luft entweicht alsdann durch das Rohr *n*. Ist der ganze Behälter mit Wasser gefüllt, so verschließt man auch die beiden andern Hähne. *g* ist eine mit dem untern Cylinder communicirende Glasröhre, in welcher man den Stand des Wassers im Cylinder erkennt. In Ermangelung solcher bequemerer Gefäße kann man auch Gas in gewöhnlichen Flaschen aufbewahren. Um einen Gasstrom, z. B. Sauerstoff, in eine Flamme durch eine dünne Röhre zu pressen, füllt man einen Tubulatreipienten mit dem Gase, schraubt eine mit einer Röhre versehene Thierblase auf den Tubulus, so füllt sich die Blase mit Gas, wenn man die Glocke ins Wasser drückt, man verschließt dann die Blase mit einem Hahn und schraubt sie vom Reipienten ab, um das Gas beliebig zu verwenden.

Eudiometer.

Um ein Gas mit Sauerstoff zu verbinden, damit man aus der entstehenden Volumverminderung das Volum des beigemengten nicht brennbaren Gases bestimmen kann, z. B. den Gehalt der atmosphärischen Luft an Kohlensäure, bedient man sich eines Instruments, welches man nach seiner ersten Anwendung

Fig. 66.



Eudiometer (Luftgütemesser) genannt hat. Der Eudiometer von Mitscherlich, welcher sich durch seine Einfachheit empfiehlt, besteht aus einer 18'—24 Zoll langen, etwa 4 Linien weiten Glasröhre *a* von sehr dickem, wohl abgekühltem Glas, am oberen Ende zugeschmolzen, am untern offen. Ihr Inhalt ist genau in gleiche Theile getheilt und die Eintheilung auf's Glas geätzt. Nahe ihrem zugeschmolzenen Ende sind zwei einander bis auf elektrische Schlagweite gegenüberstehende, außer der Röhre mit Haken versehene Platindrähte *b* c eingeschmolzen

oder eingekittet, um mittelst eines durchströmenden elektrischen Funkens die Verbindung der Gase zu bewirken.

Um der bei dieser Verbindung erfolgenden Explosion auszuweichen, bringt man nach Döbereiner in das Gasgemenge Kugeln aus  $\frac{1}{4}$  Gran Platinschwamm, 2 Gran Pfeifenthon und  $1\frac{1}{2}$  Gran Kiesel Erde, welche die Verbindung langsam und ohne Verpuffung vermitteln, indessen geben sie keine genauen Versuche, weil die Platinmasse ein bedeutendes Volum von Gas absorbirt, man bestreicht daher bloß mit dieser Masse kleine Glaskugeln. Sie sind nur für Gemenge von Sauerstoff und Wasserstoff mit Stickstoff brauchbar, weil verschiedene andere Gase ihre Wirkung verhindern oder vernichten.

Chemische  
Operationen  
auf trockenem  
Wege.

Die Anzogenen der chemischen Prozesse durch bloße Temperaturerhöhung ohne gleichzeitige Mitwirkung von bei gewöhnlicher Temperatur flüssigen Körpern als Auflösungsmittel heißen gewöhnlich **chemische Operationen auf trockenem Wege**, während man zu den **Operationen auf nassem Wege** sowohl solche rechnet, welche bei gewöhnlicher, als andere, welche nur bei höherer Temperatur erfolgen, wenn sie die Mitwirkung von Flüssigkeiten erfordern.

Bei der bloßen Einwirkung der Wärme im trockenen Zustande wird entweder der Aggregatzustand der erhitzten Körper nicht verändert, wie beim **Rösten** und **Glühen**, oder diese gehen in den tropfbar flüssigen Zustand über, wie beim **Schmelzen**, oder in den gasförmigen, wie bei der trockenen **Destillation** und **Sublimation**.

Wenn feste Substanzen in trockenen Zustande einer nicht oder nur **Rösten** bis zum schwachen Glühen gehenden höheren Temperatur ausgesetzt werden, so nennt man dies **Rösten**. Es hat entweder die Verflüchtigung von Beimengungen zum Zweck, wie das Rösten der Schwefel- und Arsenikmetalle, um Schwefel und Arsenik auszutreiben, wobei das Metall dafür Sauerstoff aus der Luft aufnimmt; oder um eine theilweise Zersetzung zu bewirken, wie beim Rösten vegetabilischer Substanzen. So verwandelt sich das in kaltem Wasser unlösliche Stärkmehl durch Rösten in auflösliches Gummi; aus den Bestandtheilen des Kaffee's entsteht ein wohlriechendes brenzliches Öl und das sogenannte Röstbitter (Assamar); es gerinnt dabei das dem Öl adhärirende Eiweiß öligter Samen, so daß dann das Öl vollständig ausgepreßt werden kann.

Werden feste Körper so stark erhitzt, daß sie dadurch leuchtend werden, ohne daß sie dabei eine Schmelzung oder Verflüchtigung erleiden, so bezeichnet man dies als chemische Operation mit **Glühen**. Mit Ausnahme der Gasarten, welche dazu eine höhere Temperatur erfordern, kommen alle Körper ungefähr bei gleicher Temperatur ins Glühen. Man unterscheidet nach der Stärke des entwickelten Lichts oder der mehr röthlichen oder blaßgelben Farbe desselben **Roth-** und **Weißglühhitze**. Genauer unterscheidet man dabei folgende Grade: Anfangendes Glühen: 525° C., 420° R. oder nicht ganz 1° Wedgewood. — Dunkelroth: 700° C., 560° R., 1½° W. — Anfangendes Kirschroth: 800° C., 640° R., 3° W. — Völliges Kirschroth: 1000° C., 800° R., 5° W. — Dunkelgelbroth: 1100° C., 880° R., 7° W. — Helles Glühen: 1200° C., 960° R., 8° W. — Weißglühen: 1300° C., 1040° R., 9° W. — Starkes Weißglühen: 1400° C., 1120° R., 11° W. — Blendendes Weißglühen: 1500° bis 1600° C., 1200 bis 1280° R., 12 bis 14° W.

Das Glühen hat wie das Rösten die Befreiung eines Körpers von mechanischen oder chemischen Beimischungen durch Verflüchtigung oder Zersetzung, ferner die chemische Verbindung verschiedenartiger Substanzen zum Zweck.

Calcination.

Im ersten Falle heißt es **Calcination** oder **Brennen**; so wird die Pottasche calcinirt, um sie von anhängendem Wasser zu befreien und den eingemengten Extraktivstoff zu verbrennen, welcher sie braun färbt, so brennt man den Gyps und den Ocker, um sie von Wasser, den Kalkstein, um ihn von Wasser und Kohlensäure zu befreien. Der letztere Fall findet statt, wo ein fester Körper im glühenden Zustande von einem andern durch die Glühhitze gasförmig gewordenen durchdrungen wird. Man nennt dies

Cämentation.

**Cämentation**; so cämentirt man Kupfer durch Zink bei der Fabrication des Knittergoldes, Eisenstäbe durch Kohle bei der Stahlbereitung.

Das Glühen findet entweder bei Luftzutritt statt, wo Sauerstoffaufnahme

Drydation.

Reduction.

beabsichtigt wird, wie bei der **Drydation** der Metalle und bei der **Einäschung**, oder bei Luftabschluß wie bei der **Verkohlung**, bei der **Reduction**, oder Befreiung der Metalle von elektronegativen Elementen, wie Chlor, Schwefel, besonders aber von Sauerstoff, wo sie dann auch **Desoxydation** heißt. Die zu reducirenden Substanzen werden vor dem Glühen mit Kohle oder kohlenstoffhaltigen Stoffen, wie Mehl, Öl, Fett, Harz gemengt, oder Wasserstoffgas über das glühende Metall geleitet. Doch kann auch die Reduction auf nassem Wege stattfinden, indem ein an sich elektropositives oder durch den galvanischen Strom positiv gemachtes Metall oder eine oxydierbare organische Substanz in eine Metallsalzauflösung gebracht, sich des Sauerstoffs und der Säure oder überhaupt des elektronegativen Bestandtheils desselben bemächtigt, wie z. B. die Reduction elektronegativer Metalle durch Zink, Zinn, Eisen, Oxalsäure.

Verpuffen.

Wird beim Glühen eines Körpers ein Gas plötzlich und mit Geräusch entwickelt, so nennt man dies **Verpuffung**, z. B. bei der Drydation mit Salpeter, wenn man die damit gemengte Substanz in ein glühendes Gefäß bringt, so entweicht der Sauerstoff unter Verpuffung. Das Gemenge wird nur in kleinen Quantitäten eingetragen, weil sonst leicht ein Theil der Masse aus dem Gefäße geschleudert wird.

Verknistern,  
Decrepitiren.

Gewisse Salze werden, um sie von mechanisch anhängendem Wasser oder Mutterlauge zu befreien, über Feuer in einem passenden Gefäße getrocknet. Zeigen sie dabei, wie das Kochsalz, die Eigenschaft, mit Geräusch heftig zu zerpringen, wobei die Bruchstücke weit umhergeschleudert werden — **verknistern**, **decrepitiren** — so nennt man diese Operation des Trocknens selbst **Verknistern**, **Decrepitation**.

Man hat die Erscheinung des Verknisterns der Zerreißung der Krystalle durch die beim Erwärmen bewirkte Ausdehnung des zwischen den Krystallblättern eingeschlossenen Wassers zugeschrieben. Da aber auch Salze decrepitiren, welche kein mechanisch eingeschlossenes Wasser enthalten, wie schwefelsaurer Baryt und Strontian, schwefelsaures Kali, Chlor- und Bromkalium und -Natrium, einfach und doppelt chromsaures Kali, Flußspath, Bleiglanz etc., so sucht sich Baudrimont die Erscheinung hier besonders daraus zu erklären, daß bei der lamellösen (blättrigen) Structur und schlechten Wärmeleitung der Krystalle beim Erwärmen die äußeren Lamellen sich schneller ausdehnen, als die inneren, und sich demnach mit einiger

Gewalt abtrennen, wiewohl in anderen Fällen immerhin eingeschlossenes Wasser oder Gasentwicklung mitwirken mögen.

Zeitweilen glüht man sehr harte Mineralien, um sie durch nachheriges Abschrecken in kaltem Wasser (mittels des dabei stattfindenden Zerspringens in sehr kleine Stücke) mürbe und leichter pulverisierbar zu machen.

Das Glühen wird, je nachdem dabei Luftzutritt stattfinden soll oder nicht, in Schmelztiegeln (s. unter Schmelzen), Retorten oder in besonderen Calcinirgefäßen, Camentirbüchsen zc. vorgenommen.

Die Überführung fester Körper in den tropfbar flüssigen Zustand **Schmelzen** durch die Wärme oder die **Schmelzung** befördert die Verbindung der in Wasser und anderen indifferenten Flüssigkeiten unlöslichen Körper weit mehr als das Glühen, und bei weitem die meisten Körper können nur durch Zusammenschmelzen auf trockenem Wege vereinigt werden. Viele Substanzen schmelzen für sich nur schwierig; setzt man ihnen aber leicht flüssige Stoffe zu, so kommen sie durch diese viel früher in Fluß, obgleich sie sich nicht darin auflösen. Solche Körper heißen **Flüsse** oder **Zuschläge**, wie z. B. kohlensaures Kali und Natron, oder besser beide zusammen, von jedem 1 Atomgewicht (864 Gewichtstheile  $\text{K}\ddot{\text{O}}$  und 666  $\text{Na}\ddot{\text{C}}$ )<sup>1)</sup>, Borax, Cyankalium, Flußspath und verschiedene Schlacken (kieselsaure Metallsoryde)<sup>2)</sup>. Die Trennung eines leicht schmelzbaren Metalles von einem schwerer schmelzbaren durch Schmelzen auf einer geeigneten Fläche heißt **Saigerung**.

Saigerung.

Zur Aufnahme der schmelzenden Substanzen dienen die **Schmelztiegel**, umgekehrt konische Gefäße mit oder ohne Ausguß. Sie bestehen entweder aus Thon oder aus Metall.

Schmelztiegel.

Die **Thontiegel** dienen besonders zur Schmelzung der Metalle, da diese mit den Metaltiegeln zusammenschmelzen würden. Man unterscheidet vorzüglich zwei Sorten: Die **irdenen Tiegel von Großallmerode** bei Kassel, schlechtweg **heffische Tiegel** genannt, und die **Graphittiegel**, auch **Ypser** oder **Passauer Tiegel** genannt, nach dem Orte, wo lange die besten gemacht wurden, aus einem Gemenge von Thon und Graphit. Die kleineren sind gewöhnlich oben dreieckig und unten rund, die größeren oben und unten rund. Die Thontiegel sind wohlfeiler und weniger porös als die Graphittiegel, sie können daher außer zu Metallreduktionen unter Zusatz von Flüssen auch zur Schmelzung mehrerer Salze verwendet werden, doch geschieht dies nie ohne Verlust an Salz, welches den Tiegel durchdringt und ihn daher auch zu andern Operationen

heffische Tiegel.

Graphittiegel.

Fig. 67.



1) Ueber schwarzen und weißen Fluß vgl. beim kohlen-sauren Kali.

2) Die Frage: in welchem Verhältnisse man zwei Stoffe mischen müsse, damit das Gemeng bei der niedrigsten Temperatur schmelze, beantwortet Osann im Archiv für Chemie und Meteorologie I. S. 101 dahin, daß dies der Fall sei, wenn man Beide im umgekehrten Verhältnisse ihrer Atomgewichte, d. h. im geraden Verhältnisse ihrer Eigenwärme, zusammenbringt.

untauglich macht. Die Graphittiegel haben dagegen den Vorzug, daß sie nicht so leicht springen und daher sehr lange brauchbar bleiben, jedoch nur zum Schmelzen der Metalle für sich (zum Gießen), wozu sie sich auch besonders durch die reducirende Wirkung des Graphits eignen. Für schwer reducirbare Metalle füttert man die Thontiegel mit einer Masse von Kohlenpulver und Tragantfchleim oder Stärkmehl aus und heißt sie dann **Kohlentiegel**.

Kohlentiegel.

Porzellan-  
tiegel.

Sehr wenig brauchbar sind die **Porzellantiegel**, namentlich wenn sie nicht sehr dünn sind. Sie springen sehr leicht, zumal im Gebläsefeuer und sind dabei ziemlich theuer. Da sie weniger porös sind, als die hessischen und Graphittiegel, so benutzt man sie für dünnflüssige oder werthvolle Salze, welche Metalltiegel angreifen würden, oder zum Glühen pulverförmiger Substanzen bei analytischen Versuchen, wovon an der rauhen Fläche der Thontiegel zu viel hängen bleiben würde.

Metalltiegel.

Platintiegel.

Die **Metalltiegel** dienen für dünnflüssige Substanzen, welche den Thon durchdringen und angreifen, wie Alkalien und Salze. Unter den Metalltiegeln haben die **Platintiegel** die allgemeinste Anwendung und sind deshalb in keinem chemischen Laboratorium zu entbehren. Sie vertragen eine weit größere Hitze als alle übrigen Metalltiegel, da sie bei den gewöhnlich zu chemischen Operationen verwendeten Hitzegraden völlig unerschmelzbar sind, und werden nur von folgenden wenigen Substanzen angegriffen: 1) Kaustische Alkalien und alkalische Erden und daher auch die ihre Salpetersäure in der Hitze verlierenden Nitrate derselben. 2) Schwefelverbindungen und Sulphate mit Kohle. 3) Regulirische Metalle. 4) Phosphor oder Phosphorsäure mit Kohle und anderen brennbaren Substanzen. 5) Die Dryde mehrerer Metalle, wie die von Blei, Bismuth, Kupfer, Nickel dürfen darin nicht weiß gegläht werden, weil sie dabei oft ihren Sauerstoff verlieren. 6) Platin verbindet sich leicht mit Kiesel, die Platintiegel müssen daher nicht im freien Kohlenfeuer, sondern in einer mit Bittererde belegten oder mit Kreide angestrichenen Thon- oder Eisenkapsel erhitzt werden, aber auch bloßer Kohlenstoff greift glühendes Platin an.

Fig. 68.



Man darf sie daher, namentlich bei Lampen mit einfachem Luftzug nicht so tief in die Weingeistflamme bringen, daß sich Ruß ansetzt. 7) Da man sie auch häufig auf nassem Wege statt Schalen benutzt, so hat man dort hauptsächlich Königswasser, auch das verdünnteste und überhaupt Chlor entwickelnde Gemenge zu vermeiden. Um

sie zu letzterem Zweck benutzen zu können, haben sie gewöhnlich eine etwas flache Form, wie die Figur zeigt.

Silbertiegel.

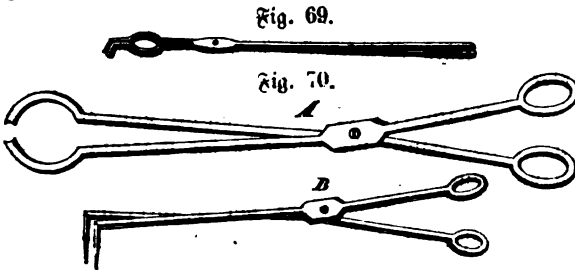
**Silbertiegel** finden wegen ihrer leichten Schmelzbarkeit nur eine sehr beschränkte Anwendung, wie z. B. zum Schmelzen von Alkalien, zur Zersetzung von salpetersaurem Baryt, gewöhnlich nur über der Weingeistlampe.

Eiserne Tie-  
gel.

**Eisene Tiegel** braucht man am häufigsten zur Bereitung von Schwefeleisen, da Roheisen von Schwefel kaum angegriffen wird; dann, namentlich die größeren zum Glühen von großen Quantitäten pulverförmiger

Substanzen, wozu etwa Platintiegel zu klein wären, weil sie die Wärme leichter durchbringen lassen als Thontiegel, und zum Schmelzen von Salzen, wovon sie nicht angegriffen werden und welche unterhalb des Schmelzpunktes des Gußeisens in Fluß kommen. Mehr Hitze halten schmiedeeiserne Tiegel aus.

Zum Aufheben heißer Tiegel hat man eigene Tiegelzangen von verschiedener Form.



Die geschmolzene Substanz gießt man auf Stein-, Eisen- oder Kupferplatten, oder in umgekehrt konische Metallgefäße, **Gießbeutel**, welche man innen mit Fett austreibt.

Ist der durch Erhitzung aus einer chemischen Verbindung oder aus einem bloßen mechanischen Gemenge abzuschneidende Körper flüchtig und muß daher besonders aufgefangen werden, so entsteht die **trochene Destillation**, wenn die durch die Erhitzung eines festen, gewöhnlich organischen Körpers, wie Holz, Fett, Harz, Thierstoffe entstehenden Zersetzungsprodukte bei gewöhnlicher Temperatur tropfbar flüssige oder gasförmige Substanzen bilden, oder doch erst vom flüssigen in den festen Zustand übergehen, wie bei der Destillation von Phosphor, Schwefel, Zinn. Man bedient sich dazu gewöhnlich gußeiserner Retorten.

Trockene Destillation.

Wenn eine flüchtige starre Substanz beim Abkühlen nach dem Verdampfen durch Erhitzung nicht erst in den flüssigen Zustand übergeht, wie bei der trockenen Destillation, sondern unmittelbar wieder in fester Form sich an den kühleren Theilen der Gefäße ablagert, so ist dies die **Sublimation**. Zu kleineren Versuchen bedient man sich hierzu der Glasröhren, wo sich beim Erhitzen die Dämpfe an den kälteren Theilen der Röhre als Ring ablagern, oder man verwendet dazu kleine Rölbchen, in ein Sandbad gestellte Medicinalgäser, zwei über einander gestürzte verklebte Schmelztiegel oder Retorten. Ist der sublimirte Körper oder **Sublimat** eine lockere Substanz, so heißt er **Blumen**. Gewöhnlich erhält man aber dabei deutliche Krystalle.

Sublimation.

Beim Bearbeiten flüchtiger Substanzen müssen die Öffnungen der Gefäße, wenn sie nicht schon an sich (durch eingeschlossene Stöpsel und Deckel) luftdicht geschlossen sind, **verlittet** werden, andere belegt man ganz und gar mit feuerfesten Massen, **Beschläge**, wenn ihre Haltbarkeit durch die Erhitzung leidet. So sind z. B. Glasgefäße dem Springen und Erweichen, eiserne der Oxydation im Feuer unterworfen.

Stüte und Beschläge.



Zum Verkleben von Fugen dienen folgende Massen:

**Mehl- oder Stärkekleister** auf Papierstreifen gestrichen für Operationen, wo keine Säuren entwickelt und keine große Erhitzung nöthig ist. **Leinsamenmehl** mit Stärkekleister oder auch bloßem Wasser zum Bestreichen der Rorkstöpsel. Eine Masse aus Leinsamenmehl und dünner Leimauflösung widersteht auch Säuren und Ammoniak.

**Fetter Kitt** aus Leinölsirniß und fettem Thon widersteht den sauren Dämpfen noch besser und haftet leicht an allen trockenen Flächen. Man muß ihn in verschlossenen Gefäßen vor dem Austrocknen bewahren.

**Harzkitt** aus Harz und Ziegelmehl erträgt nur sehr schwache Erwärmung; ebenso **Wachskitt** oder **Nieb wachs** aus gelbem Wachs mit  $\frac{1}{2}$  Terpentin. Beide eignen sich besonders für Gasentwickelungen bei gewöhnlicher Temperatur.

**Gypskitt** aus gebranntem Gyps mit Wasser, welcher durch Zusatz von Eisenfeilspänen oder wenn er statt Wasser mit Glaubersalz-, Borax- oder Alaunlösung angemacht wird, eine bedeutende Härte erhält, und **Kalkkitt** aus gebranntem und gelöschtem Kalk und Eiweiß, Leimauflösung oder frischem Käse (**Käsekitt**), werden sehr bald fest und widerstehen sauren Dämpfen. Letzterer, namentlich der Käsekitt, sitzt aber so fest, daß er nur schwierig durch Aufweichen mit Wasser wieder zu entfernen ist. Der Käsekitt eignet sich daher auch besonders gut zum Zusammenkitten zerbrochener Gefäße, von welchem Material sie immer sein mögen. Bei Wassergefäßen nimmt man aber statt gewöhnlichen — hydraulischen Kalk, weil eine Masse aus ersterem im Wasser erweicht; auch etwas Hammerschlagpulver kann man zusetzen.

Zu **Beschlägen für Retorten** dient eine Masse aus 1 Theil Ziegelmehl, 2 Th. Eisenfeilspänen oder Hammerschlag, 1 Th. zerstoßenem Glas, mit Ochsenblut in Salbenconsistenz verwandelt, oder eine aus 10 Th. feuerfestem Thon (Charmottethon), 1 Th. gemeinem Töpferthon, 2 Th. groben Sand und  $\frac{1}{10}$  Rossmist mit Wasser angetnetet. Für niedrigere Temperaturen reicht Lehmbrei aus. Einen **Beschlag für Öfen** erhält man durch Untereinandernetzen von 10 Th. Lehm, 15 Th. Ziegelmehl, 4 Th. Hammerschlag, 1 Th. Kochsalz und  $\frac{1}{2}$  Th. Kuhhaare.

Ein **Eisenkitt** für Wassergefäße, Röhren u. besteht aus 20 Theilen Schwefel, 100 Th. Eisenfeile oder Gußeisenfeilspänen und 5 Th. Salmiak mit Wasser zum steifen Teig gemacht. Die Masse wird beim Austrocknen so fest wie das Eisen selbst und kann nur ebenso schwierig wie dieses selbst getrennt werden. Der Salmiak hat den Zweck, das Eisen zuerst zu oxydiren. Ein Theil Eisen zieht nämlich Sauerstoff aus der Luft an, während sich ein anderer mit dem Chlor des Salmiaks verbindet; es entsteht basisches Eisenchlorid. Aus diesem kann nun der Schwefel Schwefeleisen abscheiden, das Chlor geht wieder an's Ammonium zurück. Es ist daher eine verhältnißmäßig kleine Menge Salmiak nöthig, weil derselbe nur vorübergehend zersezt wird.

Einen sehr festen, aber nicht der Wärme, Alkalien, starken Säuren und Weingeist widerstehenden Kitt für Glas, Porzellan, Stein, Marmor,

Metall u. s. w. gibt folgende Mischung: 1 Th. Mastix in 6 Th. Weingeist aufgelöst; ebenso in 32 Th. Wasser 2 Th. Hausenblase und dann  $\frac{1}{2}$  Th. Ammoniakgummi gelöst und beide Auflösungen gemischt.

Holz kittet man auch sehr dauerhaft mit am Lichte geschmolzenem oder in Weingeist gelöstem Schellack, besonders wenn man vor der Vereinigung ein Stück Lüll oder Krepp (Flor) zwischen die zu kittenden Flächen bringt.

Die Heizung der Ofen wird für niedrigere Hitzegrade bei größeren Versuchen durch Holzfeuer und bei hinlänglichem Zug durch Stein- und Braunkohlen oder Torf bewirkt. Für kleinere Operationen wendet man Holzkohlen an und für die höchsten Hitzegrade unter Einwirkung von starken Gebläsen, wie im Sessström'schen Ofen, Steinkohlen. Übrigens ist für gewisse Operationen die Art des Brennmaterials durchaus nicht gleichgültig. Es unterscheidet sich namentlich durch seinen Einfluß auf die chemischen Prozesse das Flammfeuer vom Kohlenfeuer. So wie nämlich die Reductions- oder innere Flamme vor dem Löthrohr ganz andere (eine reducirende) Wirkung hat, als die äußere oder Drydationsflamme, so ist es auch bei größeren chemischen Operationen keineswegs einerlei, ob man den zu erhitzenden Körper zwischen das Brennmaterial selbst oder in den äußeren Theil der Flamme eines Flammfeuers bringt. Obgleich die gewöhnlichen chemischen Ofen fast alle nur die erstere Art der Heizung gestatten, so ist doch die Wirkung des mit Unrecht in den wenigsten Laboratorien anzutreffenden Flammofens eine von den der ersteren ganz verschiedene. Das Flammfeuer führt Sauerstoff zu, wirkt oxydirend, Kohlenfeuer aber Kohlenstoff, wirkt reducirend. Beide Stoffe durchdringen Thontiegel schon bei einer Temperatur, wo leicht fließende Gläser zu schmelzen anfangen. Die Darstellung der Gläser oder Verglasung gelingt nur durch größtmögliche Zuführung von Sauerstoff, oder wenigstens Verhütung von Desoxydation. Kieselsaure Verbindungen werden im Kohlenfeuer unvollkommen und schwer gelöst, Kalien, Salze und alkalische Erden werden in ihrer Wirkung geschwächt. Kann auch diesem Uebelstande durch Zusatz von Salpeter abgeholfen werden, so ist es doch schwierig, das richtige Verhältniß im Zusatz zu treffen, da bei etwas zu viel leicht auch andere vorhandene Metalle oxydirt werden, deren Drydation nicht bezweckt wird. Im Flammofen wird die doppelte Menge Kieselsäure von Alkalien oft weit vollkommener aufgelöst als die einfache im Kohlenofen.

Brennmaterialien für chemische Operationen.

Ähnlich wie das Feuer der Zugöfen verhält sich auch das Gebläsefeuer, und läßt auch die Stellung des Tiegels hier bisweilen ein günstigeres Resultat zu, so ist dies doch unsicher und steht jedenfalls dem im Flammfeuer weit nach.

Für Metallschmelzungen und Reductionen ist dagegen das Kohlenfeuer vorzuziehen.

### C. Beendigung des chemischen Processes.

Bei den direct erfolgenden chemischen Verbindungen ist mit ihrem Erscheinen die chemische Operation auch beendet. Bei Zersetzungen und

durch Wahlverwandtschaft hervorgerufenen Verbindungen dagegen müssen die chemisch getrennten, aber noch mit einander gemengten Körper auch mechanisch von einander getrennt werden.

**Scheidetrichter.** Ungleichartige Flüssigkeiten können nur dann von einander getrennt werden, wenn sie nicht mischbar und von verschiedenem specifischen Gewichte

Fig. 71.

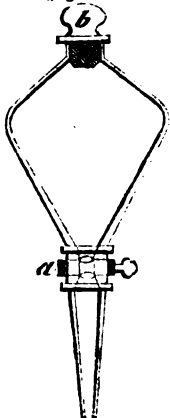


Fig. 72.



sind. Man bringt das Gemenge z. B. von ätherischem Öl und Wasser in einen oben mit einem Stöpsel *b* (Fig. 71) und unten mit einem Hahn *a*, oder bloß mit dem Finger (Fig. 72) zu verschließenden Trichter (Scheidetrichter) und läßt zuerst die schwerere Flüssigkeit ablaufen, bis die leichtere allein übrig ist (vgl. S. 97).

Besteht das Gemenge aus bloß festen, aber auflösliehen Körpern, so lassen sie sich gewöhnlich durch Krystallisation, jedoch nicht ganz genau trennen. Ist einer davon flüchtig, so wird er durch Verdampfung, Destillation oder Sublimation getrennt. Ist der eine Körper fest, der andere aber flüssig, so ist die einfachste Trennungsweg die Decanthation, d. h. man gießt die Flüssigkeit vom festen Körper ab. Bei großen schwerbeweglichen Gefäßen, oder wo der Niederschlag sich vermöge seiner Leichtigkeit bei der geringsten Bewegung wieder in der Flüssigkeit suspendirt, bedient man sich eines gläsernen Hebers (Fig. 73), den man mit Wasser füllt und mit dem kürzeren Ende in die zu decanthirende Flüssigkeit senkt. Hat er eine Saugröhre wie Fig. 74, so braucht man ihn nicht mit Wasser zu füllen, sondern saugt nach dem Einsenken bloß die Luft aus, während man den längeren Schenkel unten mit dem Finger schließt.

Decanthiren.

Fig. 73.

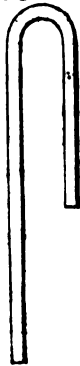


Fig. 74.

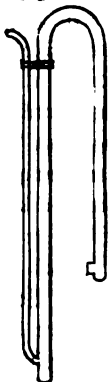
Durchsiehen  
(Coliren).

Fig. 75.

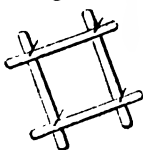


Fig. 76.



Um gröbere, aber leichte Substanzen, wie Pflanzenstoffe, aus Flüssigkeiten zu entfernen, sieht man sie durch. Man bedient sich zum Durchsiehen oder Coliren für dünnere Flüssigkeiten gewöhnlich eines Tuches von Leinwand oder Baumwolle, für dichtere des Flanells oder des Mühlenbeutel-tuchs, welches man auf viereckigen, an jedem Ende mit einem eisernen Stachel versehenen Rahmen (Tenakel), wie Fig. 75,

ausspannt. Hierbei werden aber in der Regel die feineren in der Flüssigkeit suspendirten Theile nicht zurückgehalten, die Flüssigkeit bleibt trübe. Für größere Massen werden die angeführten Zeuge zu langen konischen Beuteln (*Spitzbeutel*), wie Fig. 76 zusammengenäht, die man mit dem Rand gleichfalls im Lenakel aufspannt.

Will man alle, auch die feinsten festen Theile aus Flüssigkeiten ent-

filtriren.

fernen, so muß man sie so dichte Körper durchbringen lassen, daß deren Zwischenträume kleiner als jene suspendirten Theile sind. Man benutzte daher zu einem solchen Durchseihen zuerst den Filz, und nannte es danach *Filtriren* (vom barbarischlateinischen *Filtrum*, Filz). Für chemische Zwecke bedient man sich hierzu meistens des gewöhnlichen weißen ungeleimten oder eigens dafür bereiteten *Fleßpapiers*, *Filtrirpapier*, *Josephpapier*, wovon man ein rundes Stück so zusammenfaltet, daß es eine konische Form erhält (*Filtrum*). Will man zum *Filtriren* einen Trichter anwenden, so muß die Faltung des Filters von der Art sein, daß es nicht allenthalben an der Wand des Trichters anliegt, wodurch sich das Abfließen sehr verzögern würde. Man bricht ein quadratisches Papierstück in der Mitte zusammen, so daß es die längliche Form von Fig. 77 erhält. Nun bricht man es zwei Mal nach den Linien *ab* und *ac*, so daß die Seiten *ad* und *ac* in der punktirten Linie *af* zusammenfallen, Seite *db* aber mit *fb*

Fig. 77.

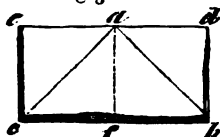


Fig. 79.



Fig. 81.



Fig. 83.



Fig. 84.



Fig. 78.



Fig. 80.

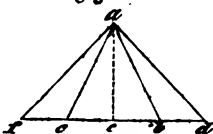


Fig. 82.



und Seite *ec* mit *fc*, und die Form von Fig. 78 entsteht. Nun werden die eingeschlagenen Theile *abc* und *acd* Fig. 78 zurückgeschlagen, so daß die neuen Brüche *ae* und *af* entstehen und das Ganze wie Fig. 79 aussieht. Dreht man nun das ganze Papier um, so daß die hier sichtbare Fläche auf den Tisch zu liegen kommt, macht hierauf die Brüche *ab* und *ac* Fig. 80, so daß die Seiten *bd* auf *be* und *cf* auf *ce* zu liegen kommen und die Seiten *ad* und *af* in *ae* zusammenfallen, so erhält

man zuerst Fig. 81 und dann Fig. 82. Man bricht sodann Fig. 82 in der Mitte so zusammen, daß die hier sichtbare Fläche die zwei neuen Flächen bildet, und erhält dadurch Fig. 83. Diese schneidet man mit einer Schere in der gebogenen Linie *ab* durch, so daß die Seiten *ca* und *cb* gleich lang sind, und erhält Fig. 84. Entfaltet man das Papier, so bildet es eine kreisrunde

Fläche und nimmt sich, in einen Filtrirtrichter gestellt, wie Fig. 85 aus. Die Filtrirtrichter sind von Glas (Fig. 86) oder Porzellan (Fig. 87).



Fig. 85.



Fig. 86.

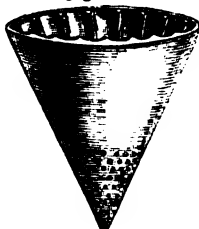


Fig. 87.

In Ermangelung eines Filtrirtrichters kann man sich auch eines dünnen Bretchens (Fig. 88) bedienen, in dessen Mitte ein rundes Loch zur Aufnahme des Filters geschnitten ist. Im Umkreise der Öffnung sind



Fig. 88.



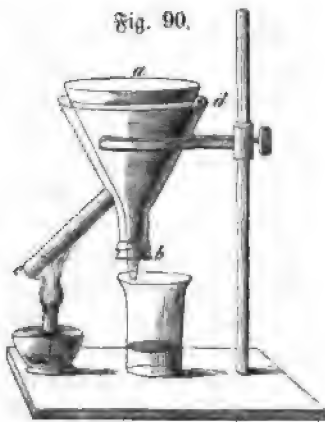
Fig. 89.

einige Einschnitte angebracht, damit das oberhalb Ausfließende nach unten abrinnen kann. Dasselbe kann höchstens Anwendung finden, wo nichts daran gelegen ist, wenn die auflöselichen Theile des Holzes oder von früheren Filtrationen eingesogene Substanzen die Flüssigkeit verunreinigen. Man bedient sich auch bisweilen solcher Vorrichtungen von

Glas oder Porzellan, sie sind aber nicht zweckmäßig, weil die Filtra häufig durchfallen und leichter zerreißen als in Trichtern. Um ersteres möglichst zu verhüten, darf das Filter nicht über die Hälfte durch die Öffnung reichen. Man faltet hier das Filter nicht wie oben, sondern rollt bloß ein wie Fig. 77 zusammengelegtes Papierstück konisch zusammen und schneidet es dann oben rund ab, wie Fig. 89 zeigt.

Im Großen filtrirt man durch porösen Thon, feinen Sand, Kohlenpulver und andere poröse Körper. Auch durch Leinwand kann man filtriren,

Fig. 90.



Wasserbadtrichter.

und selbst durch Stroh, wenn die feinen im Wasser suspendirten Theile sich allmählig in solcher Höhe auf dem Seihzeug ablagern, daß sie selbst ein Filtrum bilden. Körper, welche wie concentrirte Säuren das Papier zerstören, filtrirt man durch Glaspulver; lösen sie aber auch dieses auf, so kann man sie bisweilen durch Leinwand filtriren wie die Ätzalkilösung.

Um Auflösungen kochend heiß zu filtriren, damit die aufgelösten Stoffe nicht auf dem Filter zurückbleiben, bedient man sich eines Wasserbadtrichters von Blech<sup>1)</sup>. In demselben befestigt man einen

1) Zweckmäßig, aber weniger einfach als der bestehende von Plantamour sind auch die Wasserbadtrichter von Rocianovich (pharm. Centralbl. 1846. S. 953) und Lüdersdorff (Dingler's polytech. Journ. Bd. 103. 1847. S. 37—40).

gewöhnlichen Glasrichter *a* mittelst des Korkes *b*, gießt die Flüssigkeit auf das im Glasrichter befindliche Filter, nachdem der Zwischenraum des Blech- und Glasrichters mit Wasser gefüllt worden ist, welches man durch das Seitenrohr *c* mit einer Weingeistflamme erhitzt. Die Öffnung *d* dient zum Abzuge der Wasserdämpfe und zum Nachfüllen des verdampften Wassers.

Um Öl von Wasser durch Filtration zu trennen, benetzt man das Filter mit Wasser, wenn das Öl — oder mit Öl, wenn das Wasser zurückbleiben soll. Die Filtration muß aber unterbrochen werden, sobald die erste Flüssigkeit abfiltrirt ist, weil nach einiger Zeit die zweite Flüssigkeit den Rückstand der ersteren aus dem Papier verdrängt und endlich dasselbe gleichfalls durchbringt.

Um Flüssigkeiten zu filtriren, welche das Papier auflösen, wie Alkalien und starke Säuren, verstopft man einen Glasrichter unten mit grobem und hierauf mit feinem Glaspulver oder Asbest.

Um die beim Filtriren, namentlich aber beim Decantiren dem festen Körper noch, oft sehr hartnäckig, anhaftenden Reste der Flüssigkeit völlig zu entfernen, übergießt man den festen Rückstand nochmals mit reinem Wasser, läßt wieder absetzen und gießt nochmals ab oder läßt es durch's Filter laufen und wiederholt dies so oft, als man noch durch den Geschmack, durch Lackmuspapier oder durch Verdampfen eines Tropfens etwas Fremdartiges im Wasser wahrnimmt. Man nennt dies **Auswaschen**

Ausfüßen.  
Auslaugen.

oder **Ausfüßen** (weil das Waschwasser zuletzt gleichsam süß, oder eigentlich geschmacklos wird), wenn man besonders auf Gewinnung des festen Körpers ausgeht, und **Auslaugen**, wenn die Erhaltung der Flüssigkeit den Hauptzweck bildet. In beiden Fällen sucht man die Operation durch Anwendung der Spritz- und Waschflaschen abzukürzen. Erstere (Fig. 91)

Fig. 91.



Fig. 92.

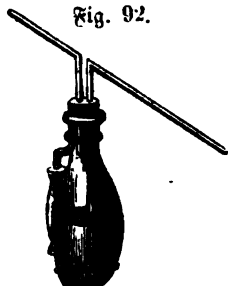
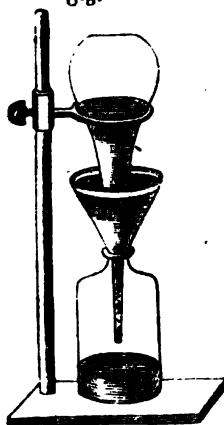


Fig. 93.



besteht aus einer Flasche, in deren Kork eine oben sehr fein ausgezogene Glasröhre befestigt ist. Bläst man mit Gewalt in die halb mit Wasser gefüllte, umgekehrte Flasche, so drückt nachher die zusammengedrückte Luft so lange einen feinen Wasserstrahl aus, bis das Gleichgewicht des Drucks mit dem der äußern Luft hergestellt ist. Mit diesem Wasserstrahl kann man Niederschläge vom Filter hinabspülen, wenn man dessen Spitze mit einem Glasstab durchstoßen hat. Man hat solche mit engerer und mit weiterer Röhre. Um einen ununterbrochenen Strahl zu erhalten und zum Auswaschen mit kochendem Wasser benutzt man die Spritzflasche (Fig. 92). Statt der Waschflasche kann man auch den S. 94 angegebenen Scheidetrichter benutzen, indem man die Spitze etwas

unter die Oberfläche der Flüssigkeit bringt und den Hahn öffnet, aber den Stöpsel schließt, oder man nimmt dazu eine gewöhnliche Flasche (Fig. 93).  
 Pressen. Flüssigkeiten, welche man durch bloßes Auswaschen aus voluminösen festen Körpern, wie namentlich Pflanzensstoffen, nicht vollständig erhält, preßt man aus auf Schrauben-, hydraulischen oder hydrostatischen (Métal'schen s. S. 58) Pressen.

Klären. Manche Körper bleiben in Flüssigkeiten vermöge ihrer Leichtigkeit oder der zähen Consistenz der Flüssigkeit sehr lange suspendirt. Um ihre Ablagerung zu beschleunigen, klärt man sie, d. h. man bringt leicht ablagernde Körper in dieselben, welche die suspendirten Stoffe mechanisch mit niederreißen, entweder schwere, feine Pulver, wie gestoßenes Glas, oder voluminöse Substanzen, wie Papierzeug, Filzspapier, Brodkrume, Lehm u., oder man setzt der Flüssigkeit einen andern flüssigen Körper zu, welchen man in derselben zum Gerinnen bringt, mengt sie z. B. mit Eiweiß und kocht damit auf, so schließt das entstehende Gerinnsel alle unauflösbaren Stoffe fest in sich ein und reißt sie mit sich zu Boden; so versetzt man z. B. gerbstoffhaltige Flüssigkeiten mit Leimauflösung und umgekehrt, saure Flüssigkeiten mit Milch u.

Stativ. Für die verschiedenen Operationen bedarf man auch noch mehrerer Gestelle (Stativ) mit auf- und abschiebbaren und durch Schrauben festzustellenden Armen für Beineinflampen und Kochringe, wie in Fig. 94,

Fig. 94.

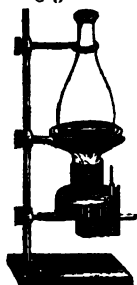


Fig. 95.



Fig. 96.

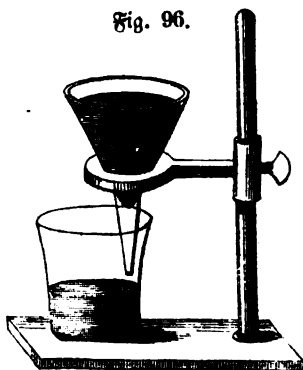


Fig. 97.



Fig. 98.

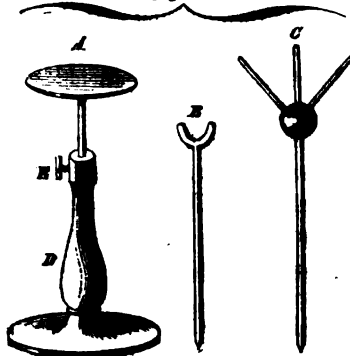
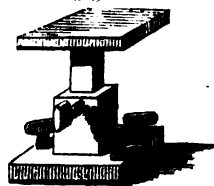


Fig. 99.



der obere dieser Ringe ist deswegen um den Hals des Kolbens gelegt, um zu verhindern, daß das Gefäß durch das Stoßen namentlich von Flüssigkeiten, welche mit pulvrigen Körpern gemengt sind, aus seiner Lage komme oder allmählig umfalle <sup>1)</sup>, für Filtrirringe wie Fig. 95 und 96, Retortenhalter Fig. 97, hölzerne Träger, Schemel oder Untersatz (Support) mit auf- und abschiebbaren Platten zur Unterstützung für Destillirrecipienten u. wie Fig. 98, in dessen Fuß *D* auch die Theile *B* und *C* passen, die sich wie die Platte *A* durch die Schraube *E* beliebig hoch feststellen lassen. *A* dient zum Tragen von Lampen und andern Gegenständen mit platter, *C* für solche mit gewölbter Basis, *B* zur Unterstützung von Röhren. Zur Unterlage in geringerer Höhe paßt besonders die Form von Fig. 99.

Zum Reinigen der Gefäße reicht häufig gewöhnliches Brunnenwasser hin. Substanzen, welche durch die kohlensauren Salze desselben zersezt, unlösliche kohlensaure Verbindungen bilden, wie z. B. essigsaures Bleioryd, setzen sich dabei oft fest ans Glas. Man wäscht daher solche Gefäße mit destillirtem oder wenigstens mit Regenwasser aus. Sonst kann man allemal zuerst Brunnenwasser nehmen, spült aber letzteres wieder durch destillirtes Wasser weg. Immer müssen die Gefäße umgestürzt werden, damit das Spülwasser ausläuft.

Das Reinigen  
der Gefäße.

Was mit Wasser nicht entfernt werden kann, muß mit Salzsäure, Salpetersäure, Königswasser (wenn diese die Substanz des Gefäßes nicht angreifen), einem kohlensauren oder ägenden Alkali versucht werden. Fette, Wachs und Harze entfernt man am besten unter Erwärmen, aus größeren Gefäßen mittelst Sägespänen durch Reiben mit einem Lappen, aus kleineren Gefäßen durch bloßes Abreiben mit öfter erneutem trocknenen Fließpapier.

Harte, erdartige Krusten in flachen Gefäßen, welche von Säuren nicht sogleich aufgelöst werden, wie Eisenoryd, lassen sich am leichtesten durch feuchtes Reiben mit Asche mittelst eines Stückes Leder oder Kork entfernen. Abreiben mit Sand macht das Glas trübe, nimmt die Glasur des Porzellans mit und nutzt Metall zu stark ab. Nur für die rauhe Oberfläche des Gusseisens wird Sand nothwendig. Sehr harte Ansätze entfernt man mit dem Messer oder mit Hammer und Meißel. Bleche scheuert man gewöhnlich mit Kreide. Trübes Glas wird oft durch trockenes Abreiben mit weichem Asbest wieder hell.

Gefäße, deren Öffnung für die Hand zu eng ist, wie Flaschen, Röhren und dergleichen, werden mit Bürsten gereinigt, deren Stiel bei den größten von Holz, bei kleineren von Messingdraht ist, weil Eisendraht im chemischen Laboratorium von zu kurzer Dauer ist. Die größten Bürsten sind aus Schweineborsten, die kleineren aus Rosshaaren, die kleinsten (für die Glasröhren) aus Bochaaren. Letztere sind mit langen biegsamen Stielen versehen,

1) Das Stoßen kommt übrigens auch ohne solche Beimengungen öfters in Glasgefäßen vor, deren glatte Flächen nur schwierig Gasbildungspunkte geben. Man verhindert dann das Stoßen, wenn man kleine Stücke eines in der Flüssigkeit unlöslichen Minerals, oder noch besser eine Platindrachspirale, oder die edigen Körner von Osmium-Iridium ins Gefäß legt, da beide letzteren auch außer der edigen Form eine gasanziehende Kraft besitzen. Vgl. auch S. 72.



wie die Bürsten zum Reinigen der Pfeifentruhe. Von starken Säuren und besonders von Alkalien, namentlich in der Wärme, werden die Bürsten zerstört.

Bei Incrustationen, welche von Säuren oder Alkalien nicht aufgelöst werden, schüttelt man die Gefäße mit Asche oder nöthigenfalls erbsengroßen Stücken Steinkohle. Sand riß das Glas, Bleischrote zerschlagen es beim Schütteln leicht und klemmen sich in enge Stellen ein. Zur schnelleren Entfernung einzelner Reste der Krusten dienen Stäbe von Holz, Fischbein, Horn oder Knochen. Wo alles Dies nicht hilft, muß man die Gefäße mit Wasser, Säuren oder Laugen gefüllt einige Zeit stehen lassen, nöthigenfalls erwärmen oder kochen.

Sitzt am Boden eines tiefen Gefäßes eine große Menge einer auflöselichen Substanz fest, wie der Kuchen von schwefelsaurem Kali bei der Darstellung der Salpetersäure, so verstopft man alle Öffnungen bis auf die oberste, füllt das Gefäß mit Wasser und stürzt es über ein Gefäß mit Wasser so um, daß die Mündung unter Wasser stehen bleibt (vgl. Auflösung S. 57).

Wieweil behalten Gefäße auch nach sorgfältiger Reinigung noch einen Geruch nach stark riechenden Substanzen bei. Man entfernt denselben durch Auspülen mit Chlormasser oder Chlorkalkauflösung. In hölzerne Kasten stellt man mit Essig befeuchteten Chlorkalk in einer Schale. Auch Senfmehl und Mandelkleie nehmen solche hartnäckige Gerüche weg.

Gewichte  
bei chemischen  
Operationen.

Zu den Gewichtsbestimmungen bei chemischen Operationen kann man sich im Größeren des bürgerlichen Gewichtes bedienen. Für kleinere chemische Arbeiten gebraucht man in Deutschland gewöhnlich das Medicinal- oder Apothekergewicht. Es ist wie das bürgerliche in den meisten Ländern verschieden, doch weniger als Erstes. Am meisten verbreitet ist das preussische. Das Apothekergewicht hat fast überall folgende Eintheilung:

Pfund	Unze	Drachme	Scrupel	Gran	Asen
℔	℥	ʒ	ʒ	gr	
1	12	96	288	5760	7452
	1	8	24	480	621
		1	3	60	77½
			1	20	25½

Eine Unze Medicinalgewicht ist ungefähr = 2 Loth Civilgewicht.

Eine Drachme ungefähr = 1 Quint.

Ein Gran hat ungefähr die Schwere eines Pfefferkorns.

Seltener kommt das französische Decimalgewicht in Deutschland für chemische Arbeiten in Anwendung, während sich die französischen Chemiker nur dieses Gewichtes bedienen. Seine Eintheilung ist nachstehende:

1 Gramme	=	16,4204	Gran
1 Decigramme	=	1,64204	"
1 Centigramme	=	0,164204	"
1 Milligramme	=	0,0164204	"
1 Decagramme	=	164,204	"
1 Hektogramme	=	1642,04	"
1 Kilogramme	=	16420,4	" oder 2,138 Pfund preuß. Civilgewicht.

## II. Specielle Chemie.

Die specielle Chemie oder die Untersuchung der einzelnen Elemente und ihrer gegenseitigen Verbindungen nach den Eigenschaften, welche sich auf die Verschiedenartigkeit ihres Wesens beziehen, zerfällt, wie schon oben angegeben wurde, in einen anorganischen und organischen Theil.

## Anorganische Chemie.

Sie beschäftigt sich mit den Elementen und jenen Verbindungen derselben, welche im Mineralreiche vorkommen oder aus den Elementen mit Hülfe der Kunst dargestellt werden können.

Die Anzahl der nichtmetallischen Elemente ist geringer als die der Metalle. Deshalb und weil die chemischen Eigenschaften der Metalle hauptsächlich in ihrem Verhalten zu den Nichtmetallen bestehen, läßt man beim Studium der specielle Chemie die Nichtmetalle den Metallen vorangehen.

## Nichtmetallische Grundstoffe.

Es sind deren dreizehn. Sie sind bei gewöhnlicher Temperatur und dem gewöhnlichen Luftdrucke theils fest, theils tropfbarflüssig, theils gasförmig. Eine Übersicht ihrer wichtigsten physikalischen Eigenschaften ergibt sich aus nachstehender Tabelle:

Name	Farbe	Specifisches Gewicht	Schmelzpunkt	Siedepunkt	Farbe der Dämpfe	Entdecker, Jahr.	Allgemeine physikalische Eigenschaften der Nichtmetalle.
Gasförmige.							
Sauerstoff	farblos	1,1026	—	—	—	Priestley 1774	
Wasserstoff	farblos	1,0688	—	—	—	Cavendish 1766	
Chlor	grünlichgelb	2,47	—	—	—	Scheele 1774	
Stickstoff	farblos	0,976	—	—	—	Rutherford 1772	
Tropfbarflüssige.							
Brom	dunkelroth-braun	2,966	— 19° C.	47°	dunkelroth	Balard 1826	
Feste.							
Kohlenstoff	farblos, auch schwarz	3,5 bis 3,53 (des Diamant)	—	—	—	—	
Schwefel	gelb	1,98	+ 111° C.	143	pomeranzen-gelb	—	
Selen	bleigrau oder rubinroth	4,3	über 100°	—	gelb	Berzelius 1817	
Phosphor	erbsengelt	1,77	45°	290	farblos	Brand 1669	
Bor	bräunlich-grün	—	—	—	—	Gay-Lussac, Thénard, Davy 1809	
Jod	eisenschwarz	4,946 bei 16,5° C.	107°	175	veilchen-blau	Courtois 1811	
Kiesel	dunkelbraun	—	—	—	—	Berzelius 1823	
Fluor	—	—	—	—	—	Hypothetisch aufgestellt von Gay-Lussac und Thénard 1800	

## Sauerstoff.

Lat. Oxygenium. Zeichen O. Atom und Äquivalent 100.

Den Namen Oxygenium (von ὀξύς sauer und γεννάω erzeuge) erhielt er von Lavoisier wegen seiner Eigenschaft, mit mehreren andern Elementen Säuren zu erzeugen. Priestley erkannte ihn 1774 zuerst als einen eigenthümlichen Stoff und ein Jahr später auch Scheele, ohne etwas von Priestley's Entdeckung zu wissen.

Vorkommen des Sauerstoffs. Er findet sich gasförmig in der atmosphärischen Luft, von welcher er etwas über  $\frac{1}{5}$  ausmacht, bildet einen Bestandtheil des Wassers, der meisten Mineralien, Pflanzen- und Thierstoffe.

Darstellung. Man erhält das Sauerstoffgas für sich 1) durch Dunkelrothglühen von Quecksilberoxyd (Hg), wobei sich Sauerstoff (8 Gewichtsprocente) und Quecksilber getrennt verflüchtigen; 2) durch Glühen von Braunstein (Mn), wobei  $\frac{1}{5}$  Sauerstoff entweicht und Manganorydul-Dryd zurückbleibt ( $3 \text{ Mn} = \text{Mn} + \text{Mn} + 2 \text{ O}$ ); 3) durch gelindes Erwärmen eines Gemenges von 3 Theilen Braunstein, 2 concentrirter Schwefelsäure und etwas Wasser, wobei die Hälfte seines Sauerstoffs entweicht, weil die Schwefelsäure den Braunstein veranlaßt, Sauerstoff abzugeben, um eine Salzbase zu bilden, womit sich die Säure verbindet ( $\text{Mn} = \text{Mn} + \text{O MnS}$ ); 4) durch Glühen von chlorsaurem Kali ( $\text{K} \ddot{\text{E}} \text{ l}$ ), welches sich unter Abgabe seines ganzen Sauerstoffgehaltes in Chlorkalium verwandelt ( $\text{K} \ddot{\text{E}} \text{ l} = \text{K Cl} + 6 \text{ O}$ ); 5) durch Glühen des Salpeters ( $\text{K} \ddot{\text{N}}$ ), wobei anfangs salpetrigsaures Kali ( $\text{K} \ddot{\text{N}}$ ) und nachher Kali mit Kaliumsuperoxyd zurückbleibt, wobei also auch zuletzt der Stickstoff entweicht; 6) nach Balmain erhält man durch gelindes Erhitzen von 3 Theilen saurem chromsaurem Kali ( $\text{K} \ddot{\text{C}} \text{ r}_2$ ) mit 4 Schwefelsäure reines Sauerstoffgas. (Wahrscheinlich  $\text{K} \ddot{\text{C}} \text{ r}_2 + 4 \ddot{\text{S}} = \text{K} \ddot{\text{S}} + \ddot{\text{C}} \text{ r} \ddot{\text{S}}_2$  und  $3 \text{ O}$ ).

Am leichtesten erhält man es nach der ersten Methode, wonach es Priestley zuerst erhielt, nur ist es aus unreinem (basisch-salpetersaures Dryd enthaltendem) Quecksilberoxyd dargestellt, mit etwas Stickstoffgas verunreinigt. Am reinsten erhält man es nach Nr. 4 aus chlorsaurem Kali, nach Balmain ebenso rein und dabei viel billiger nach Nr. 6 aus doppeltchromsaurem Kali, billiger noch, aber leicht mit Stickstoff verunreinigt nach Nr. 5 aus Salpeter. Am wohlfeilsten erhält man es aber aus Braunstein und zwar leichter und mit größerer Ausbeute nach Nr. 3 mit Schwefelsäure. Doch ist das Sauerstoffgas in beiden Fällen mit Kohlensäure verunreinigt, wenn der Braunstein mit kohlensaurem Kalk verunreinigt war, und mit Stickstoff, welcher von der Zersetzung des im Braunstein enthaltenen (aus verwesenden organischen Stoffen absorbirten) Ammoniaks durch den Sauerstoff herzurühren scheint, indem er mit dem Wasserstoff Wasser ( $\text{H}$ ) bildet.

Man erhält auch Sauerstoffgas, wenn frische Blätter saftreicher Pflanzen unter Wasser dem Sonnenlichte ausgesetzt werden und durch Zersetzung von Wasser mittelst eines galvanischen Stroms.

Der Sauerstoff ist ein farb-, geruch- und geschmackloses permanentes Gas von 1,026 specifischem Gewicht (die atmosphärische Luft = 1,000 gesetzt), 1 Kubikfuß wiegt 2,8181 Loth; bricht unter allen bekannten Körpern das Licht am schwächsten, sein absolutes Brechungsvermögen ist nach Biot und Arago 0,000560204 und verhält sich zu dem der atmosphärischen Luft wie 0,86161 zu 1,000; es leuchtet beim schnellen Zusammenbrücken, wird zu 6,5 Volumtheilen von 100 Wasser verschluckt, verändert weder Kalkwasser, noch Lackmustinktur. Brennbare Körper verbrennen darin weit lebhafter als in atmosphärischer Luft, ein glimmender Span entzündet sich darin augenblicklich und brennt mit hellem Glanze, ebenso Feuereschwamm, angezündeter Phosphor entwickelt darin ein Licht, welches dem der Sonne unter allen Lichterscheinungen am nächsten kommt. Selbst dünner Eisendraht und Stahlfedern brennen darin mit Funkenprühen. Auch das Athmen der Thiere erfolgt darin weit schneller als in atmosphärischer Luft, aber unter Herbeiführung einer Entzündung der Lungen und endlich des Todes.

Der Sauerstoff verbindet sich mit allen einfachen Körpern (nur vom Fluor kennt man bis jetzt noch keine Verbindung) bald ohne, bald mit Licht- und Wärmeentwicklung. Im ersteren Falle heißt eine solche Verbrennung gewöhnlich *Drydation*, im zweiten *Verbrennung*, die Produkte sind in beiden Fällen *Dryde* und *Säuren* (vgl. S. 49). Die Trennung von Sauerstoff heißt *Desorpdation*, während man unter *Reduction* die Trennung von elektronegativen Bestandtheilen überhaupt versteht.

Nachdem man die Elemente des Aristoteles: Erde, Wasser, Luft und Feuer, welche keine Erklärung des Verbrennungsprocesses zuließen, aufgegeben hatte, versuchte Georg Ernst Stahl (geb. 1660, gest. 1734) zuerst die Aufstellung einer Verbrennungstheorie. Er hielt die Erden (im weiteren Sinne) für Elemente, die Metalle dagegen zusammengesetzt aus einer Erde und Feuergeist (*Phlogiston*), welcher bei der Verbrennung entweiche unter Zurücklassung von Erde, überhaupt enthielten alle brennbaren Körper *Phlogiston*, welches sie bei der Verbrennung abgeben; er nannte daher den Verbrennungsproceß *Dephlogistiren*, die *Desorpdation* dagegen *Phlogistiren*. Er nahm also da eine Zersetzung an, wo in der That eine Verbindung erfolgt und umgekehrt, indem er übersah, daß die Körper beim Verbrennen an Gewicht zunehmen, statt daß sie dabei abnehmen sollten.

Schon zwei Jahre vor der Entdeckung des Sauerstoffs stellte Lavoisier den Satz auf, daß die Körper bei der Verbrennung an Gewicht zunehmen, was er durch eine gewisse Fixation der Luft erklärte, sobald aber Priestley den Sauerstoff entdeckt hatte, gründete Lavoisier darauf die Ansicht, daß die Verbrennung in der Verbindung der Elemente mit Sauerstoff unter Licht- und Wärmeentwicklung bestehe, und wurde dadurch der Stifter des sogenannten *antiphlogistischen Systems*.

Eigenschaften  
des  
Sauerstoffs.

Verbrennung  
Drydation.  
Desorpdation  
Reduction.

Phlogisti-  
sches System.

Antiphlogisti-  
sches System.

Feuer.

Das Feuer, was man vor ihm meist als wesentlich zur Verbrennung gehalten hatte, zerfällt danach in zwei zufällige die Verbrennung begleitende Erscheinungen, nämlich Licht- und Wärmeentwicklung, welche auch andere mit Hefigkeit erfolgende Verbindungen und Zersetzungen begleiten (s. oben S. 18), während eine langsam erfolgende Drydation ohne solche Erscheinungen vor sich geht. Die Körper dehnen sich um so plötzlich aus, oder, was dasselbe ist, erwärmen sich um so stärker, je rascher ihre gegenseitige Vereinigung oder Durchdringung erfolgt, während die bei Zersetzungen eintretende Erhitzung von dem plötzlichen Auftreten eines festen Bestandtheils in Gasform abhängig zu sein scheint.

Die Feuer-  
flamme.

Körper, welche bei der Verbrennung gleichzeitig eine Zersetzung erleiden, entwickeln häufig Gasarten, welche dadurch, daß sie ins Glühen kommen, die Flamme erzeugen. Die zugespitzte Form der Flamme erklärt sich daraus, daß die in Cylindrerform aufsteigenden Gase und Dämpfe mit der Luft in Berührung verbrennen, also im Umkreise je höher, je mehr verzehrt werden und abnehmen.

An der Wasserstoff- und Weingeistflamme beobachtet man zwei verschiedene Theile, einen innern dunkeln Kern und einen hellen Saum oder Hülle, weil nur nach außen, wo die heißen Gasarten mit dem Sauerstoff der Luft in Berührung kommen, Verbrennung und also auch Wärmeentwicklung erfolgen kann, nicht aber im Innern.

Bei der Kerzen- oder Ölf Flamme unterscheidet man 1) einen dunkeln Kern im Innern *a*, mit seiner Basis unmittelbar über dem Docht; 2) unten und seitwärts vom Dochte einen hellblauen Theil *bb*; 3) einen sehr hell leuchtenden, weißen Theil *c*, welcher den dunkeln Theil *a* umgibt. Aus dem Wachs, Talg oder Öle entwickeln sich durch die Erhitzung beim Anzünden brennbare Gasarten, namentlich Kohlenwasserstoffgas, dessen Wasserstoff zuerst verbrennt und dabei den Kohlenstoff *c* ins Weißglühen bringt, welcher aber erst an dem äußeren Theil, an der Hülle der Flamme *dd* verbrennt zu Kohlensäure ( $\text{C}^2$ ), daher werden in die Flamme gehaltene Körper in *c* schwarz, nicht aber in *dd*. An der Basis der Flamme in *bb* verbrennt, weil dort der Luftzutritt für die geringere Gasmenge weiter reicht, mit dem Wasserstoff zugleich auch der Kohlenstoff, aber nur zum Theil zu Kohlenoxydgas ( $\text{C}^1$ ), welches dann bei seinem vollständigen Verbrennen an der Oberfläche die blaue Färbung des untern Theils der Flamme bewirkt. Im Kern der Flamme *a* findet auch hier keine Verbrennung statt, die Hitze ist deshalb darin am schwächsten, am stärksten dagegen im äußeren Theile, namentlich nach oben.

Das helle Licht der Flamme beruht auf dem Glühen von festen aus den Gasen ausgeschiedenen oder damit emporgerissenen Theilen, daher das

Fig. 100.



starke Licht beim Verbrennen des Phosphors und Zinks, weil hier feuerbeständige Verbindungen, Phosphorsäure und Zinkoryd entstehen, das schwache bei Wasserstoff und Weingeist, weil sich hier gasförmige Produkte entwickeln. Die Leuchtkraft der Letzteren wird indeffen sogleich verstärkt, wenn man einen festen Körper, wie Platindraht, Kalk, Amianthfäden, Zinkoryd u. hineinhält. Die bei Tage kaum sichtbare Flamme des Wasserstoffgases bringt ein hineingehaltenes Kalkkugeln in so heftiges Glühen, daß es das Auge blendet, ebenso eine Weingeistflamme, welche durch Sauerstoffgas angeblasen wird (**Drummond's Licht**).

Je höhere Temperatur eine Flamme zum Verbrennen nöthig hat, desto eher verlöscht sie in Berührung mit guten Wärmeleitern, z. B. mit Metallen, sie verlöscht daher beim Durchgange durch ein Drahtgitter um so eher, je enger die Maschen desselben sind, und durchdringt ein Gewebe von 800 Öffnungen auf den Quadrat Zoll nicht mehr, worauf die **Davy'sche Sicherheitslampe** (s. S. 124) beruht. Man kann Knallgas bei seinem Ausströmen aus einem Gefäße ohne Gefahr des Eindringens der Flamme anzünden, wenn die Röhre eine hinlänglich enge Mündung hat.

Davy's  
Sicherheits-  
lampe.

Auch die Farbe der Flamme ist bei den verschiedenen Körpern sowohl, als nach der Lebhaftigkeit der Verbrennung verschieden; sie ist um so weißer, je vollkommener, und um so dunkler gelb, selbst röthlich, je unvollkommener die Verbrennung stattfindet. Phosphor, Zink, Antimon und Eisensalze färben die Flamme weiß, Selen, Schwefel und Kupferchlorid blau, die andern Kupfersalze grasgrün, Barytsalze und Borsäure blaßgrün, Kalisalze blaßviolett, Sodasalze gelb, Lithionsalze roth, Kalksalze ziegelroth, Strontiansalze carmoisinroth, Kohlenoxydgas brennt blau, Kalium und Cyangas violett, Kobalt roth, ölbildendes Gas gelb u.

Farbe  
der Flamme.

Feste Körper sind um so leichter zu entzünden, je mehr sie zertheilt und je schlechtere Wärmeleiter sie sind. Pulveriges Eisen brennt schon, wenn es der Luft ausgesetzt wird; ein Eisendraht erst, wenn man ihn weißglühend macht. Dichte glasige Kohle (Zuckerkohle, Coal) ist schwer zu entzünden, sehr lockere Kohle (Bunder, Schießpulverkohle) leicht.

Wenn entweichende Gasarten feste Körper mit sich fortreißen, ohne dieselben ins Glühen zu bringen, so entsteht der **Rauch**. Der Rauch ist nicht zu verwechseln mit **Nebel** oder **Wolken**. Während beim Rauch feste in der Luft suspendirte Körper dieselbe undurchsichtig machen, geschieht dies bei Letzteren durch sehr kleine Tropfen von Flüssigkeit, welche sich aus Dünsten und Dämpfen bei einer Temperatur verdichten, bei welcher sie ihre Gasform nicht mehr behalten können. Wenn diese höchst kleinen Tropfen des Nebels sogleich gefrieren, so bilden sie den **Duft**.

Bei unvollkommen verbrennendem Holze entsteht der Rauch durch fein zertheilte Rußtheile, welche mit den erwärmten Gasarten emporsteigen. Concentrirte Säuren rauchen, weil ihre Dämpfe Wasser aus der Luft anziehen und sich damit zu sehr kleinen Tropfen von wässriger Säure verdichten, sie bilden also eigentlich **Nebel**, während Salzsäuredämpfe mit

Ammoniakdämpfen einen Rauch im eigentlichen Sinne des Wortes erzeugen, weil hier ein Salz in fester Form ausgeschieden wird.

Selbstentzündung.

Die plötzliche Entzündung gewisser Körper, welche ohne äußere Einwirkung erfolgt, heißt **Selbstentzündung**. Sie kann erfolgen 1) durch Reibung bei Maschinen und Fuhrwerken, wo man sie durch Schmieren verhindert. 2) Durch die Sonnenstrahlen, welche auf Scheiben, Glasflaschen u. fallen, so daß diese wie Brenngläser wirken. So gerieth z. B. ein Strohhaufen durch einen darauf geworfenen Bouteillenboden in Brand. 3) Durch die bei der Luftabsorption entstehende Verdichtung. So entzündet sich oft der Kohlenstaub in Pulvermühlen. Man bewahrt deshalb die Kohle für längere Zeit besser in Stücken als in Pulver auf. 4) Durch die bei der Gährung feucht angehäufter organischer Stoffe entwickelte Wärme. So entstehen viele Brände durch Dünger, so setzte ein Blätterhaufen einen Wald in Brand. Ebenso wirken feuchte Holzspäne, Sägemehl, Torf, Samen u. Man verhindert die Gefahr durch eine in der Mitte angebrachte Luftsäule. Hat sich Heu und dergleichen bereits erhitzt, so darf es nur ganz allmählig ausgebreitet werden, denn wenn man ein Loch in die Mitte macht, so schlägt oft die Flamme in demselben Augenblicke heraus. Über das Heißwerden der Asche s. unten im Abschnitt „Pottaschenfiederei.“

Erkennung  
des  
Sauerstoffs.

Die Gegenwart des Sauerstoffs in einem Raume ergibt sich leicht durch Eintauchen eines glimmenden Spans, wobei derselbe sogleich in helle Flammen ausbricht. Kleine Mengen von freiem Sauerstoffgas werden nachgewiesen durch (in ausgekochtem Wasser durch Ammoniak aus Eisenvitriol gefälltes, bei abgehaltener Luft ausgewaschenes und unter Alkohol aufbewahrtes) Eisenoxydul, frisch gefälltes Eisenchyanür, reducirten Indigo oder Stickstofforyd, welches davon gelb bis rothbraun wird. Endlich auch durch sein Verhalten zum Wasserstoff (s. unter „Anwendung des Wasserstoffs“).

Nutzen des  
Sauerstoffs.

Der Sauerstoff ist unentbehrlich zum Leben der Thiere und Pflanzen, zur Verbrennung bei der Erleuchtung und Heizung, zur Drydation der Metalle, um sie in Säuren aufzulösen und vielen andern chemischen Arbeiten, zum Hervorbringen einer großen Hitze, indem man das Gas in eine Weingeistflamme leitet, zum Knallgasgebläse u.

### Wasserstoff.

Lat. Hydrogenium. Zeichen H. Atomgewicht 6,250 (den Sauerstoff = 100 gesetzt). Äquivalent (H) 12,500.

Vorkommen  
des  
Wasserstoffs.

Den Namen Hydrogenium (von  $\tau\acute{o}$   $\acute{\upsilon}\delta\omega\rho$  Wasser und  $\gamma\epsilon\nu\acute{\alpha}\omega$  erzeuge) erhielt er, weil er mit Sauerstoff das Wasser bildet, er hieß früher **brennbare** oder **inflammable** Luft. Er wurde 1766 von Cavendish zu bereiten gelehrt. Er kommt in der Natur nicht frei vor, bildet aber einen Bestandtheil des Wassers und fast aller organischen Verbindungen.

Man erhält den Wasserstoff aus dem Wasser (H) entweder durch Zersetzung mittelst eines galvanischen Stroms, durch Leitung von Wasserdämpfen über glühendes Eisen oder, und zwar am leichtesten, durch Auflösen von Zink in mit Wasser verdünnter Schwefelsäure, welche man bei

gewöhnlicher Temperatur in einer mit Entbindungsröhre versehenen Flasche auf einander wirken läßt (s. Fig. 62 S. 82). Die Schwefelsäure erhöht die Verwandtschaft des Zinks zum Sauerstoff so sehr, daß es denselben unter Entwicklung des Wasserstoffs dem Wasser entzieht, um sich dann mit der Schwefelsäure zu schwefelsaurem Zinkoryd zu verbinden. Statt Zink kann man sich auch des Eisens bedienen, allein der Wasserstoff ist dann durch Kohlenstoff, den das gewöhnliche Eisen stets enthält, unter der Form eines aus Kohlenwasserstoff bestehenden stinkenden Öls verunreinigt.

Der Wasserstoff ist ein farb-, geruch- und geschmackloses permanentes Gas von 0,0688 specifischem Gewicht (die atmosphärische Luft = 1,000 gesetzt). Ein Kubitfuß wiegt 0,18924 Loth, es ist also fast 15 Mal leichter als die atmosphärische Luft, der leichteste aller Körper. Damit gefüllte Seifenblasen steigen daher in die Höhe. Sein Lichtbrechungsvermögen verhält sich zu dem der atmosphärischen Luft wie 6,61436 : 1,00000; es wird nur zu 4,6 Raumtheilen von 100 Wasser verschluckt. Das reine Wasserstoffgas verbrennt mit farbloser, bei Tag kaum sichtbarer, das unreine mit bläulicher Flamme. Es unterhält das Verbrennen brennbarer Körper nicht, ein hineingehaltener brennender Span verlöscht sogleich, ebensowenig gestattet es das Athmen auf längere Zeit, wohl aber, wenn es mit atmosphärischer Luft gemengt ist, macht aber Schläfrigkeit, in größerer Menge Brustbeklemmung, Ohnmacht und den Tod. Es wirkt jedoch nur negativ schädlich, d. h. durch Mangel an Sauerstoff.

Eigenschaften  
des  
Wasserstoffs.

Man erkennt das Wasserstoffgas an der farblosen Flamme, mit welcher es im reinen Zustande verbrennt, an der Detonation, unter welcher es sich mit der Hälfte seines Volumens Sauerstoff im Eudiometer durch den elektrischen Funken verbinden läßt ohne Rückstand an Gas, Abfag von Schwefel (wie beim Hydrothiongase) oder Abgabe von Kohlensäure (wie bei Kohlenwasserstoffgas) an das Wasser, wenn es zuvor von beigemengter Kohlensäure durch Schütteln mit Kaltwasser befreit war.

Erkennung.

Das Wasserstoffgas wird wegen seiner Leichtigkeit (1783 zuerst von Charles) zur Füllung der Luftballone benutzt. Früher brachte man dieselben durch eine Weingeistflamme zum Steigen, welche durch eine Öffnung an der untern Seite die Luft im Ballon erwärmte. Dadurch nimmt diese so an specifischem Gewicht ab, daß sie den Ballon in die Höhe trägt. Bei diesem Verfahren verbrannten aber die Ballone so häufig, daß ein Mensch nicht mit denselben aufzusteigen wagen durfte. Jetzt verwendet man statt des Wasserstoffgases das zwar etwas schwerere, aber viel billigere Steinkohlengas.

Anwendung.

Seine Verwandtschaft zum Sauerstoff, oder seine Brennbarkeit, macht das Wasserstoffgas anwendbar zur Reduction. Man leitet einen Strom über das in einer glühenden Röhre befindliche Metalloryd, Haloid oder Schwefelmetall, deren elektronegativer Bestandtheil mit dem Wasserstoff Wasser oder eine Wasserstoffsäure bildet. Zu eudiometrischen Versuchen, indem man den Sauerstoffgehalt eines Gasgemenges dadurch bestimmt, daß man ihn mit einem gemessenen Volumen Wasserstoff durch



den elektrischen Funken verbindet; ferner zu den Platinzündmaschinen, wo das durch einen geöffneten Hahn gegen Platinschwamm anströmende Gas sich mit dem durch Letzteren verdichteten Sauerstoff der atmosphärischen Luft unter Entzündung verbindet.

Obgleich seine Flamme an und für sich ein sehr schwaches Licht besitzt, wird dieselbe sehr stark leuchtend, wenn das Gas beim Durchströmen von über der Flamme befindlichem Terpentinöl sich mit dem entstehenden Dampfe verbindet <sup>1)</sup>.

Auch zum Heizen würde man es benutzen können, da bei seinem Verbrennen eine so hohe Temperatur entsteht wie bei wenig andern Körpern und seine Darstellung keine großen Kosten erfordert, wenn man es dadurch bereitet, daß man Wasserdämpfe über glühende Kohlen leitet und die entstehende Kohlensäure durch Kalkbrei entfernt.

Es dient endlich noch zur Füllung von Gefäßen (Retorten), wenn man Substanzen bei vollständigem Luftabschluß erwärmen oder trocknen will.

**Knallgas.** Der Wasserstoff verbindet sich mit Sauerstoff bei gewöhnlicher Temperatur unmittelbar nicht, man kann Beide mit einander mengen, ohne daß sie dabei eine Veränderung erleiden. Wird aber ein solches Gemenge von 2 Raumtheilen Wasserstoff und 1 Raumtheil Sauerstoffgas durch eine Lichtflamme oder den elektrischen Funken entzündet, oder mit Platinschwamm in Berührung gebracht, so verbinden sich beide Gase chemisch unter heftiger Verpuffung zu Wasser, man nennt deshalb dieses Gemenge **Knallgas**. Wenn dasselbe aus einer sehr engen Öffnung strömt, kann man es ohne Gefahr des Zurückziehens der Flamme in das Gefäß, wodurch Letzteres zerschmettert würde, entzünden. Ein Gebläse, wodurch Knallluft in eine Flamme getrieben wird, heißt **Knallgasgebläse**, es liefert den höchsten bekannten Temperaturgrad und bringt Quarz, Magnesia, Kalk, Platin zum Schmelzen.

**Wasser.** Das reine Wasser ist bei gewöhnlicher Temperatur eine farblose, durchsichtige, geruch- und geschmacklose Flüssigkeit, deren specifisches Gewicht für alle übrigen flüssigen und festen Körper als Einheit angenommen ist. Ein preussischer Kubikzoll wiegt bei 18 $\frac{1}{2}$ ° C. (15° R.) 1 $\frac{1}{2}$  Loth, ein Kubikfuß 66 Pfund. Es gefriert unter 0° C. zu Eis von 0,9268 specifischem Gewicht, weil es durch sein poröses krystallinisches Gefüge viel Luft eingeschlossen enthält. Seine größte Dichtigkeit fällt übrigens auch nicht auf den dem Gefrierpunkt zunächst stehenden niedrigsten Temperaturgrad des flüssigen Wassers, sondern auf + 4 bis 5° C. Wenn das Wasser andere Körper aufgelöst enthält, so hat es einen weit niedrigeren Gefrier- und höheren Siedepunkt als reines Wasser.

Das Wasser besitzt eine große Verwandtschaft zu Säuren, Alkalien, Erden, Metalloryden und Salzen, auch die organischen Verbindungen können nicht ohne Wasser bestehen. Es ist der amphoterste Körper (vgl. S. 42). Das mit einer Säure oder Basis verbundene Wasser, was bei der Basis

1) Gaudin, *Echo du monde savant*, allgem. Wien. polyt. Journ. 1842. S. 12.

die Stelle einer Säure, bei der Säure die Stelle einer Basis vertritt, heißt **Hydratwasser**. Bei krystallisirten Körpern heißt dieses chemisch gebundene Wasser **Krystallwasser**, weil von seiner Gegenwart die Krystallform abhängt und ohne dasselbe verschwindet oder abgeändert wird. Das Krystallwasser wird gewöhnlich bei 100° C. ausgetrieben, während das Hydratwasser eine höhere Temperatur dazu fordert. Das Hydratwasser ist wohl zu unterscheiden vom hygroskopischen Wasser, welches sich nicht in stöchiometrischen Verhältnissen mit den Körpern verbindet, sondern gewisse, meist organische Substanzen je nach der größeren oder geringeren Feuchtigkeit der Luft mehr oder weniger anschwellt und manche, wie auch viele anorganischen Verbindungen, auflöst.

Alles in der Natur vorkommende Wasser ist unrein. Um reines Wasser zu erhalten, muß man das gewöhnliche Wasser destilliren, wobei die gasförmigen Verunreinigungen, wie atmosphärische Luft und Kohlensäure, als zuerst übergehend mit den ersten Portionen des Destillats entfernt werden, das später übergehende ist rein, da die festen Beimengungen im Destillirgefäße zurückbleiben.

Bei dem natürlich vorkommenden Wasser unterscheidet man in technischer Beziehung reineres Wasser, welches man **weich** nennt, weil darin Hülsenfrüchte sich früher weich kochen, und unreineres oder **hartes** Wasser, weil sie sich in letzterem schwierig weich kochen lassen, indem sich der im Wasser enthaltene Kalk mit der Substanz dieser Samen zu festen Verbindungen vereinigt. Zum weichen Wasser gehört das **Regen-** und **Flußwasser**, zum harten das **Quell-** oder **Brunnenwasser**. Im Ersteren löst sich Seifengeist (Auflösung von Seife in Weingeist) ohne Trübung, letzteres wird davon getrübt (durch Ausscheidung von unlöslicher Kalkseife).

Unter den angeführten Arten ist das **Regenwasser** das reinste, doch enthält es auch bei noch so reinlichem Auffangen organische Stoffe, namentlich unmittelbar nach trockener Bitterung, aus der Luft mit fortgerissene Staubtheile, ferner Ammoniak, Kohlen- und Salpetersäure. Das von Dachtraufen erhaltene enthält Kalk-, schwefelsaure Salze und Chlorverbindungen, wenn auch in geringerer Menge als Brunnenwasser.

Weniger rein ist das **Flußwasser**. Es enthält fast keine Spur von freier Kohlensäure und von kohlensauren Salzen, da sich die Kohlensäure während seines Laufes verflüchtigt und dann die in derselben gelösten kohlensauren Salze nicht mehr aufgelöst bleiben können. Dagegen findet sich darin etwas schwefelsaurer Kalk, Chlornatrium, schwefelsaure Magnesia und organische Substanzen.

Noch unreiner ist das **Brunnenwasser**, es enthält ziemlich viel Kohlensäure, doppelt kohlensauren Kalk und Magnesia, schwefelsauren Kalk, Magnesia und Natron, Chlorkalcium, -Magnesium und -Natrium, auch etwas Kiesel-erde, kohlensaures Eisenorydul und organische Stoffe, auch in der Nähe von Ställen und Düngergruben salpetersauren Kalk und Kali. Die gewöhnlichste und stärkste Verunreinigung bildet der Kalk, an einigen Orten der kohlensaure, an andern der schwefelsaure oder Gyps.

Mineral-  
wässer.

Die Wässer, welche soviel Kohlensäure (Einige Hydrothionsäure — Schwefelwässer) und Salze enthalten, daß sie einen auffallenden Geschmack besigen, heißen Mineralwässer, sie sind nicht mehr zum gewöhnlichen Getränke geeignet, sondern werden unter die Heilmittel gerechnet.

Meerwasser.

Das Meerwasser erregt wegen seines bedeutenden Salzgehaltes (2,66 Procent Chlornatrium, 0,46 schwefelsaures Natrium, 0,12 Chlorcalcium, 0,51 Chlormagnesium, 0,05 schwefelsaures Kali und Chlorcalcium) und namentlich wegen des Chlorcalciums und Chlormagnesiums von bitterem Geschmack beim Genuß Übelkeit und Erbrechen.

## Stickstoff.

Lat. Nitrogenium. Zeichen N. Äquivalent 175,000. Atom 87,500.

Er heißt auch Azot (vom  $\alpha$  privativum und ζωή Leben, weil er unfähig ist, das Athmen zu unterhalten). Nitrogenium wurde er von Chaptal genannt, weil er in der Salpetersäure (Acidum nitricum) enthalten ist. Rutherford fand 1772, daß die Luft, worin ein Thier geathmet hat, auch nach Abscheidung der Kohlensäure durch Kaltwasser weder zum Athmen, noch zum Verbrennen wieder tauglich ist, und schloß daraus, daß dies eine eigenthümliche Gasart sei. Lavoisier erkannte später, daß dieses Gas in der atmosphärischen Luft und zwar zu  $\frac{1}{5}$  derselben vorkommt und nannte es Azot.

Vorkommen  
des  
Stickstoffs.

Der Stickstoff kommt vor in der atmosphärischen Luft zu 79 Raum- oder 78 Gewichtsprocenten, in mehreren Mineralquellen, als Bestandtheil mehrerer anorganischen Verbindungen, wie Salpetersäure, Ammoniak, vieler Pflanzen- und der meisten Thierstoffe.

Darstellung.

Man erhält den Stickstoff durch Entziehung des Sauerstoffgases der atmosphärischen Luft, indem man brennenden Phosphor auf einem Schälchen unter durch Wasser abgesperrte atmosphärische Luft bringt. Die entstehende Kohlensäure wird durch Kalilösung entfernt. Oder man schüttelt atmosphärische Luft in einem Glase mit Schwefelkaliumlösung, welches ebenfalls den Sauerstoff aufnimmt. Man erhält den Stickstoff ferner durch Erhitzen von salpetrigsaurem Ammoniak:  $\text{NH}_4\text{N} = 2 \text{ N}$  und  $3 \text{ H}$  (2 Doppelatome Stickstoff und 3 At. Wasser); oder durch Einleiten von Chlorgas in verdünnte Ammoniaklösung:  $\text{NH}_3 + 3 \text{ Cl} = 3 \text{ HCl}$  und  $\text{N}$  (3 At. Chlornasserstoffsäure und 1 Doppelatom Stickstoff), oder durch Versetzen einer Chlorcalciumlösung mit flüssigem Ammoniak, wobei ein lebhaftes Aufbrausen erfolgt.

Eigenschaften.

Der Stickstoff ist ein farb-, geruch- und geschmackloses permanentes Gas, wie man dies schon aus dem Verhalten der atmosphärischen Luft schließen kann, von 0,976 specifischem Gewicht. 100 Kubitzoll wiegen 0,15475 preussische Loth, 1 Kubitzuß 2,6702 preussische Loth, er wird von Wasser und Alkohol sehr wenig aufgenommen, er unterhält in reinem Zustande ebensowenig das Athmen, sondern bewirkt Erstickung aus Mangel an Sauerstoff, als das Brennen; läßt sich aber auch selbst nicht entzünden. Er hat überhaupt zu Sauerstoff, so wie zu allen übrigen Elementen

nur eine sehr geringe Verwandtschaft, verbindet sich direct mit Sauerstoff nur, wenn man durch ein Gemenge von Sauerstoff und Stickstoff elektrische Funken leitet, wie auch bei Gewittern aus den Gemengtheilen der atmosphärischen Luft, oder durch Entzündung eines Gemenges von Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff — zu Salpetersäurehydrat, sonst verbindet er sich mit andern Elementen nur in dem Augenblicke, wo er selbst oder diese aus einer andern Verbindung frei werden (in statu nascenti). So verbindet er sich in dem Moment, wo er bei der Fäulniß stickstoffhaltiger Körper ausgeschieden wird, mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft zu Salpetersäure, wenn Salzbasen, wie Kali, Kalk, prädisponirend wirken. Der Stickstoff verbindet sich ferner mit dem Wasserstoff zu Ammoniak, wenn Beide zugleich, wie bei manchen Drydationen, aus dem Wasser, oder wie bei der Fäulniß aus organischen Körpern ausscheiden <sup>1)</sup>. So verbinden sich die Elemente des Holzes bei der Fäulniß außer dem Sauerstoff auch mit dem Stickstoff der atmosphärischen Luft <sup>2)</sup>.

Um den Stickstoff in einem Gasgemenge nachzuweisen, verbindet man ihn — vorausgesetzt, daß sich nicht schon eine Sauerstoffverbindung des Stickstoffs sogleich zu erkennen gibt — durch den elektrischen Funken mit Sauerstoff und Wasserstoff (in einem Eudiometer), spült dann das Gefäß mit Schwefelsäure aus, welches etwas Eisenorydul enthält. Es entsteht dabei eine nach der Menge des Stickstoffs intensive, schwarzbraune Färbung der Flüssigkeit durch die Verbindung des Eisenoryduls mit Stickstofforyd.

Um den Stickstoff in einem festen Körper oder in einer Flüssigkeit zu ermitteln, erhitzt man Ersteren oder den Rückstand der eingetrockneten Flüssigkeit mit Kalkhydrat in einer unten geschlossenen Glasröhre (Fig. 18 S. 64), wobei vorhandener Stickstoff Ammoniak bildet, welches man an den weißen Nebeln erkennt, die entstehen, wenn man einen mit Essigsäure befeuchteten Glasstab darüber hält, oder an der Bläuung, welche ein Streifen rothes Lackmuspapier erleidet, wenn derselbe an einem locker aufgelegten Korkstopfel befestigt im oberen Theile der Röhre hängt.

1) Die von Chevallier gemachte Beobachtung, daß bei der Drydation feuchter Eisenfeilspäne oder feuchten Eisenoryduls der Wasserstoff des Wassers in statu nascenti sich mit dem Stickstoff der Luft zu Ammoniak verbinde, beruht nach Berzelius auf Täuschung, indem in eine feuchte Flasche gehängtes rothes Lackmuspapier sich auch ohne Gegenwart von Eisen durch Zerfetzung des stickstoffhaltigen Farbstoffs bläut, was Chevallier für eine Wirkung des Ammoniaks gehalten hatte. Berzelius' Jahresbericht 24 S. 52—53; pharmaceut. Centralblatt 1844. S. 751. Mit mehr Bestimmtheit hat Sarzeau die Bildung von Ammoniak bei der Drydation des schwefelsauren Eisenoryduls nachgewiesen. Wenn man die mit einer oxydirten Schichte bedeckten Krystalle desselben zerreibt und mit Kalilösung übergießt, so entwickeln sich bei Annäherung eines mit Salpetersäure befeuchteten Glasstabes sogleich weiße Nebel. Bei klaren, frischen Krystallen entstehen Letztere nicht gleich, sondern erst, wenn die Drydation beginnt. Journ. de Pharm. Mai 1837. S. 218—220. Pharm. Centralbl. 1837. S. 493. Doch steht dahin, ob dieses Ammoniak nicht schon als solches von dem Eisenoryd aus der Luft aufgenommen wird.

2) Hermann im Journ. f. pr. Chem. 27. S. 165—177 und Mulder a. a. O. 32. S. 344—354.

Zusammensetzung  
des  
Stickstoffs.

Oder man erhitzt ebenso einen Theil der zu prüfenden Substanz, wenn dieselbe organischen Ursprungs ist, mit 2 oder 3 Theilen trockenem kohlensauren Kali gemengt. Lassaigne glüht mit überschüssigem Kalium, zieht dann das aus dem Stickstoff und Kohlenstoff der Substanz mit dem Kali entstandene Cyankalium mit Wasser aus, filtrirt, setzt dem Filtrate ein Eisensalz und etwas verdünnte Salzsäure bis zur schwach sauren Reaction zu. Man erhält, wenn Stickstoff zugegen war, einen Niederschlag von Berlinerblau.

Nutzen des  
Stickstoffs in  
der Natur.

Der Stickstoff bildet in der atmosphärischen Luft ein Verdünnungsmittel des Sauerstoffs, um dessen allzu heftige Einwirkung bei den verschiedenen Oxydationsprozessen, namentlich beim Lebensprozeß zu mildern. Eine Aufnahme des Stickstoffs, wenigstens eine unmittelbare, aus der atmosphärischen Luft von stickstoffhaltigen organischen Körpern ist bis jetzt durch die Erfahrung noch nicht nachgewiesen worden.

Atmosphäri-  
sche Luft.

Die atmosphärische Luft ist ein Gemenge von Stickstoff, Sauerstoff, Kohlensäure und Wasserdampf. Sie ist farblos, wird jedoch durch die darin befindlichen im Übergange zur Verdichtung begriffenen Wasserdünste weiß getrübt, läßt aber in dem Verhältnisse, als diese in geringerer Menge zugegen sind, bei heiterem Himmel den dunkeln Himmelraum mit um so dunklerer blauer Farbe durchscheinen. Der Himmel ist daher des Morgens und Abends und in wärmeren Zonen reiner oder tiefer blau als des Mittags und in kälteren Gegenden. Die Luft ist geruch- und geschmacklos und permanent elastisch. Ihr spezifisches Gewicht gilt bei Angabe des spezifischen Gewichtes der Gasarten überhaupt als Einheit, wie das Wasser bei dem der tropfbaren Flüssigkeiten und festen Körper. Nimmt man den Sauerstoff als Einheit, so ist das spezifische Gewicht der atmosphärischen Luft = 0,90695; das Wasser als Einheit gesetzt, bei völliger Trockenheit, bei 0° C. und einer Barometerhöhe von 28" unter 45° nördlicher Breite = 0,00128, sie ist also 771 Mal leichter als Wasser. Natürlich ändert sich das spezifische Gewicht nach Druck und Temperatur wie bei allen Gasen. 100 Kubitzoll wiegen 0,158584 Loth preuß., 1 Kubikfuß 2,73998 Loth und 11,68 Kubikfuß ein Pfund. Sie leitet Wärme und Elektrizität, namentlich in trockenem Zustande, schlecht, unterhält das Verbrennen, ist zum Athmen die einzige taugliche Gasart, da reines Sauerstoffgas die Lungen zu stark reizt.

Die Hauptgemengtheile der atmosphärischen Luft sind Stickstoff und Sauerstoff, dem Volumen nach in dem Verhältnisse von 79 : 21, dem Gewichte nach = 76,91 : 23,09, und zwar bleibt sich dieses Verhältniß an allen, auch den verschiedensten Orten vollkommen gleich, wenn dieselben nicht vollkommen abgesperrt sind, wie fest verschlossene Krankenzimmer, Schulen und dergleichen. Die Sauerstoffabnahme durchs Athmen wird durch den fortwährenden Luftwechsel so gering, daß sie den eudiometrischen Untersuchungen entgeht <sup>1)</sup>.

1) Vgl. Leblanc in Strumpfs neuesten Entdeckungen der angewandten Chemie. 1845. S. 344.

Der Wassergehalt, welcher der Luft nie, selbst nicht in der heißen, scheinbar trockenen Luft der Sandwüsten Afrikas und Asiens fehlt, wechselt nach Jahres- und Tageszeit, nach der Erhebung der Orte über dem Meerespiegel, nach der Nähe von Gewässern, Sandebenen, Gebirgen, cultivirtem oder wüstem Land, nach den herrschenden Winden und klimatischen Verhältnissen, und beträgt um so mehr, je wärmer die Luft ist, durchschnittlich  $8\frac{1}{2}$  in 1000 Volumtheilen.

Noch geringer ist die Menge des Kohlensäuregases in der atmosphärischen Luft, sie beträgt in Städten sowohl, als auf dem Lande, auf Bergen und über dem Wasser mehr im Sommer als im Winter, sie ist auch nicht zu jeder Tageszeit gleich und wechselt von 3 bis 5 in 10000 Raumtheilen.

Man hat auch kohlensaures Ammoniak in der Luft nachgewiesen. Nach Gräber beträgt die Menge desselben  $\frac{1}{100000}$  Procente.

Nach Dumas, Boussingault und Brunner ist die Zusammensetzung der trockenen atmosphärischen Luft

nach Volumtheilen: 79,16 N	nach Gewichttheilen: 77,06 N
20,79 O	22,86 O ..
0,05 C im Mittel;	0,08 C

Wegen des constanten Verhältnisses der zwei Hauptgemengtheile, Stickstoff und Sauerstoff, haben Einige die atmosphärische Luft für eine chemische Verbindung, für ein Suboxyd des Stickstoffs betrachtet, allein dieses constante Verhältniß ist für sich zu wenig entscheidend, während wichtigere Gründe gegen diese Annahme streiten. Bringt man nämlich Stickstoff und Sauerstoff in dem Verhältnisse zusammen, wie sie die Luft enthält, so erhält man ein feinen chemischen und physischen Eigenschaften nach ganz mit kohlenstofffreier und trockener atmosphärischer Luft übereinstimmendes Gasgemenge, ohne daß bei dem Zusammenbringen derselben eine Erscheinung eintrete, welche auf eine chemische Verbindung schließen ließe, es zeigt sich ebensowenig eine Temperaturerhöhung, als eine Raumverminderung, welche Letztere nach unseren jetzigen Kenntnissen allemal erfolgt, wenn sich Gase in anderen Verhältnissen als von 1 : 1 dem Raume nach verbinden. Es entspricht ferner die Gewichtsmenge des Sauerstoffs, nämlich 23,09, nicht der Hälfte des Sauerstoffs im Stickstoffoxydgas, welche 22,03 ist, also um 1,06 geringer wäre, als sie die Erfahrung angibt. Endlich hat man auch gefunden, daß das Wasser bei der Absorption von atmosphärischer Luft wegen ungleichen Lösungsvermögens für beide Gemengtheile nicht 23 Sauerstoff und 76,9 Stickstoff, sondern 32 Sauerstoff auf 68 Stickstoff aufnimmt, da das Wasser  $\frac{1}{7}$  seines Volumens Sauerstoff, aber nur  $\frac{1}{64}$  Stickstoff zu absorbiren vermag.

Da der Sauerstoff als der bei den meisten in der Luft erfolgenden chemischen Processen wirksame Gemengtheil derselben zu betrachten ist, so hat man schon früher die Güte der Luft, wenigstens in Beziehung zu ihrer Athembareit, nach ihrem Gehalte an Sauerstoff geschätzt. Besteht auch in der That nach unseren jetzigen Kenntnissen stets dasselbe Verhältniß zwischen den beiden Hauptgemengtheilen, so kann doch die Sauerstoff-

Die atmosphärische Luft ist keine chemische Verbindung, sondern ein bloßes Gemenge von Gasarten.

Prüfung der atmosphärischen Luft.

menge der Luft nach ihrem Gehalte an Kohlensäure verschieden sein. Man nennt die Prüfung der Luft auf Sauerstoff- oder auf Kohlensäuregehalt **Eudiometrie** oder Luftgütemessung, und die hierzu dienende calibrierte, schon S. 86 beschriebene, Glasröhre **Eudiometer**. Man verbindet, wie dort angegeben wurde, den Sauerstoff mit hinzugesetztem Wasserstoff zu Wasser und berechnet aus der Volumverminderung der Luft die Menge des vorhandenen gewesenen Sauerstoffs. Es verschwinden hiernach beim Verbrennen von 100 Volumtheilen atmosphärischer Luft mit 50 Theilen zugesetztem Wasserstoff 63 Theile, wovon 21 aus Sauerstoff und 42 aus Wasserstoff bestanden. Der Versuch wird über Wasser, oder besser über Quecksilber gemacht. Die Volumverminderung wird aber nur richtig bestimmt, wenn man zuvor den erhitzten Gasrückstand sich wieder abkühlen läßt.

Auch durch Drydation von Phosphor kann der Sauerstoff der Luft auf ähnliche Weise bestimmt werden. Der Phosphoreudiometer besteht aus einer oben in eine Kugel endigenden Glasröhre zur Aufnahme des Phosphors.

Durch Einfachheit und Genauigkeit empfiehlt sich besonders der von Laffaigne angegebene Kupferammoniak-eudiometer. Man bringt nämlich in ein Fläschchen 3—4 Gramme (48—64 Gran bayr. Medicinalgewicht) reine Kupferdrehspäne, füllt es dann halb mit destillirtem Wasser und halb mit gesättigter Ammoniakflüssigkeit, verschließt es mit einem Glasstöpsel und stürzt es umgekehrt über die pneumatische Wanne oder ein anderes hinlänglich tiefes Wassergefäß, aber so, daß die Kupferspäne sich nicht vor die Mündung des Fläschchens legen. Alsdann mißt man ein gewisses Volumen Luft in einer gewöhnlichen, 14—15 Centimeter ( $5\frac{1}{2}$ —8 Zoll bayr.) langen und 12 Millimeter ( $\frac{1}{2}$  Zoll) weiten Röhre und läßt es mittelst eines Glasstrichters in die unter Wasser geöffnete Flasche streichen, die man dann schnell zustoßelt und 8—10 Minuten lang mit der Luft hin und her rüttelt. Alsbald nimmt das Ammonium eine immer tiefer werdende bläuliche Farbe an, weil das Kupfer sehr schnell den Sauerstoff der Luft absorbiert, um sich mit dem Ammoniak zu Kupferorydammoniak zu verbinden, welches eine dunkel lasurblaue Farbe besitzt. Sobald aller Sauerstoff der Luft absorbiert ist, verliert die blaue Farbe wieder an Intensität. Es geht nämlich noch mehr von dem überschüssig vorhandenen Kupfer in die Verbindung ein, dieses theilt sich in den Sauerstoff des schon vorhandenen Kupferoryds und es entsteht Kupferorydulammoniak, eine farblose Verbindung. Sobald dies der Fall ist, läßt man das noch übrig gebliebene Gas wieder in die Röhre streichen, um es zu messen. Es befindet sich darin keine Spur von Sauerstoff mehr, und Laffaigne hat durch dieses einfache Verfahren genau dieselben Resultate erlangt, wie Dumas und Boussingault durch Wägung <sup>1)</sup>.

1) Eine Kritik der Wasserstoff-, Phosphor- und Schwefelkalium-, nebst Beschreibung der Vleudiometrie von Caussure vgl. im Journ. de pharm. Juill. 1836. S. 340—345, daraus pharm. Centralblatt 1836. S. 576—580. Vgl. auch Jennes im Journ. f. pr. Chemie 10 S. 385—420 oder pharm. Centralbl. 1838. S. 383—386, Gay-Lussac Ann. de chim. et de phys. 1837. Dec. oder pharm. Centralbl.

Den Kohlensäuregehalt der atmosphärischen Luft bestimmt man direct, indem man dieselbe mit Kalk- oder Barytwasser schüttelt und aus dem Gewichte des gesammelten und getrockneten kohlensauren Kalks oder Baryts die Menge der Kohlensäure berechnet, oder indem man die beim Schütteln der Luft verschwindende Kohlensäure aus der Gasvolumenverminderung berechnet.

Den Wassergehalt der Luft bestimmt man durch Wasser anziehende Substanzen, hygroskopische Körper. Unmittelbar bestimmt man denselben, indem man durch eine lange Glasröhre, die mit Asbest ausgelegt, mit Schwefelsäure gleichmäßig befeuchtet, abgewogen und dann an eine kleine Röhre mit geschmolzenem Chlorcalcium gebunden worden ist, die zu untersuchende Luft in eine Flasche strömen läßt, indem das in letzterer befindliche Wasser durch einen am Boden angebrachten Hahn langsam in ein untergestelltes Gefäß abgeleitet wird, das gemessene Volumen des abgestoßenen Wassers ist gleich dem Volumen der in den Apparat getretenen Luft. Das Mehrgewicht der Röhre mit Asbest nach dem Versuche gibt die in jenem Luftvolumen enthalten gewesene Wassermenge. Die Chlorcalciumröhre zwischen dem Wassergefäße und der Asbeströhre verhütet das Eintreten von Wasserdämpfen aus dem Wassergefäße in die Asbeströhre.

Einen Ammoniakgehalt derselben ermittelt man durch Schütteln der Luft mit Salzsäure, Fällung des entstandenen Chlorammoniums durch Platinchlorid und Berechnung des Ammoniaks aus dem erhaltenen Ammoniumplatinchlorid.

Obgleich viele andere Gase und Dämpfe in die Atmosphäre übergehen, kann man doch keinen derselben darin nachweisen, bis etwa auf den Wasserstoff, wovon — vielleicht als leichtes Kohlenwasserstoffgas oder Sumpfluft — Boussingault eine nachweisbare Spur darin entdeckt haben will. Die Riechstoffe der Pflanzen, die Miasmen der Sümpfe und andere Anfechtungstoffe, deren Gegenwart sich durch den Geruch oder ihre schädliche Einwirkung auf den thierischen Organismus hinreichend kund gibt, lassen sich durch chemische Reagentien nicht entdecken. Solche in die Atmosphäre übergehende flüchtige Verbindungen können aber auch der durch die Luft bewirkten zerstörenden Drydation nicht lange widerstehen und die Atmosphäre enthält daher selbst die Mittel zu ihrer Reinigung in sich, indem sie alle diese organischen Stoffe in einfache Verbindungen, wie Wasser, Kohlensäure, Salpetersäure und Ammoniak verwandelt.

Da die Atmosphäre die ganze Erde umgibt, so sind auch alle Gegenstände derselben ihrer steten Einwirkung ausgesetzt und man muß deshalb bei allen chemischen Erscheinungen, welche nicht in einem luftleeren oder mit einer andern Gasart gefüllten Raume stattfinden, auf den Sauerstoff

1838. S. 770 und Döbereiner über Eudiometrie Journ. f. pr. Chemie 15 S. 284—286 oder im Auszug pharm. Centralbl. 1839. S. 206 und Goldmann's Eudiometer zur Prüfung der von Pflanzen ausgeathmeten Luft in Poggendorff's Ann. d. Phys. u. Chem. 67. S. 293—295; pharm. Centralbl. 1846. S. 693—694. Die Beschreibung von 10 verschiedenen Eudiometern nebst der Literatur über diesen Gegenstand liefert L. Smelin's Handb. d. Chemie. 4. Aufl. 1843. I. S. 815—818.



der atmosphärischen Luft Rücksicht nehmen. Das Athmen, Verbrennen, Rosten der Metalle, die Gährung und Fäulniß sind sogar Prozesse, welche ohne alle Einwirkung eines andern Körpers als die der atmosphärischen Luft von Statten gehen.

**Sauerstoff-  
verbindungen  
des  
Stickstoffs.  
Stickstoff-  
oxydul.** Der Stickstoff verbindet sich mit Sauerstoff in vier Verhältnissen, wodurch zwei Dryde und zwei Säuren entstehen.

Das Stickstofforydul,  $\text{N}$ , kommt in der Natur nicht vor. Man erhält es durch Auflösen von Zink oder Eisen in verdünnter Salpetersäure, rein aber nur durch Erhitzen von chlorefreiem salpetersauren Ammoniak bis  $250^\circ \text{C}$ . ( $\text{NH}_4 + \text{NO}_3 = \text{HO} + 2 \text{NO}$ ), welches sich durch einen Druck von 50 Atmosphären zur Flüssigkeit und dann durch theilweises Verdunsten zur festen Masse verdichtet.

Es ist ein unbeständiges Gas von 1,527 specifischem Gewicht, farblos, von süßlich angenehmem Geruch und Geschmack, welches beim Einathmen Heiterkeit und einen rauschähnlichen Zustand (weßhalb es auch Luft- oder Lachgas heiße), bei längerer Einwirkung Bewußtlosigkeit und Schlagfluß, bei Verunreinigung mit Chlor oder Sauerstoff (weßhalb auch vor dessen Einathmen alle Luft ausgeathmet sein muß) Kopfschmerz und selbst Nasenrei hervorbringt. Es zeigt keine besondern chemischen Reactionen, ist nicht entzündlich, unterhält dagegen die Verbrennung mit lebhafterer Flamme als die atmosphärische Luft.

**Stickstoff-  
oxyd.** Das Stickstofforyd  $\text{N}$  (Salpetergas, Salpeterluft), welches ebenfalls in der Natur nicht vorkommt, entsteht bei der Einwirkung der concentrirten Salpetersäure auf Metalle und andere brennbare Körper, wo es sich aber unter Luftzutritt sogleich höher oxydirt zu salpetriger Säure und dadurch eine rothgelbe Farbe annimmt.

Es selbst ist farblos und wegen seiner leichten Umwandlung in salpetrige Säure von unbekanntem Geruch und Geschmack und von 1,0393 specifischem Gewicht. Es läßt sich, wie das Stickstofforydul, zur Flüssigkeit und zum festen Körper verdichten, wird wenig vom Wasser absorbirt und reagirt nicht auf Pflanzensarben. Es ist nicht brennbar und verlöscht die meisten brennenden Körper. Angezündeter Phosphor, Kalium und starkglühende Kohle brennen jedoch darin mit demselben Glanze, wie im Sauerstoffgas. Beim Einathmen wirkt es tödlich. Man erkennt es leicht an seiner Eigenschaft, sich bei Luftzutritt braungelb zu färben, besonders aber daran, daß es Eisenorydulsalze dunkelbraun färbt, was übrigens auch die salpetrige und Salpetersäure thun, indem sich ein Theil des Ersteren auf ihre Kosten in Drydsalz verwandelt, wodurch sie selbst zu Stickstofforyd reducirt werden. Von diesen unterscheidet es sich aber dadurch, daß es blaues Lackmuspapier im reinen Zustande nicht röthet.

**Salpetrige  
Säure.** Die salpetrige Säure  $\text{N}$  kommt in der Natur nicht vor. Sie erzeugt sich durch Zusammentreten von 4 Volumen Stickstofforyd und 1 Volumen Sauerstoff, also beim Auflösen der Metalle in concentrirter Salpetersäure unter Zutritt der Luft.

Sie bildet ein dunkelrothgelbes, unbeständiges Gas und verdichtet sich bei  $-20^{\circ}$  C. zu einer flüchtigen, farblosen Flüssigkeit, welche bei gewöhnlicher Temperatur dunkelblau, dann grün wird und sich endlich mit gelber Farbe verflüchtigt. Man kann sie in flüssiger Form erhalten, wenn man 4 Volumen Stickstoffoxyd und 1 Volumen Sauerstoffgas durch eine eng gut abgetühlte Röhre in eine ebenfalls mit Eis und Kochsalz sehr kühl gehaltene Vorlage leitet. Das Gas besitzt einen erstickenden, stechenden Geruch, zersetzt sich mit Wasser in Salpetersäure und Stickstoffoxyd, wobei es erst gelb, dann grün, blau und zuletzt fast farblos wird. Die salpetrige Säure färbt organische Substanzen bleibend gelb, sie ist ein kräftiges Oxydationsmittel, weil sie sich noch leichter als Salpetersäure zersetzt, wird daher zur Oxydation der schwefligen Säure zu Schwefelsäure und in Verbindung mit Salpetersäure zur Oxydation der Metalle benutzt und dient zu demselben Zwecke im Königswasser.

Die Salpetersäure  $\ddot{\text{N}}$  (Scheidewasser) existirt im freien Zustande Salpetersäure. Vorkommen. nicht, man kennt sie nur aus ihren Verbindungen. Als Hydrat kommt sie in sehr geringer Menge im Regenwasser nach Gewittern vor<sup>1)</sup>; auch an Basen, wie Kali, Natron, Kalk, Magnesia gebunden, ziemlich selten im Mineral- und Pflanzenreich.

Die Salpetersäure entsteht, wo faulende, stickstoffhaltige Körper mit Entstehung. Luft, Feuchtigkeit und freien oder kohlenfauren alkalischen, oder alkalisch erdigen Basen in Berührung kommen; bei Gegenwart von Alkalien auch ohne stickstoffhaltige Körper. In beiden Fällen entsteht zuerst Ammoniak, welches sich dann zu Salpetersäure oxydirt, wobei die Eigenschaft des Wassers, den Sauerstoff der Luft in größerem Verhältnisse zu absorbiren, als den Stickstoff, so wie die Porosität der Körper wesentlich mitwirkt. Die Nothwendigkeit thierischer Substanzen bei den alkalischen Erden deutet darauf hin, daß in diesem Falle das Ammoniak oder kohlensaure Ammoniak die Salpetersäurebildung veranlaßt, welches dann die gebildete Säure immer wieder auf die vorhandenen Erden überträgt, denn der salpetersaure Kalk wird von wenig kohlensaurem Ammoniak nicht zersetzt, wenn dies auch von größeren Mengen geschieht.

Da sich aber in den Zwischenräumen poröser Körper Ammoniak aus dem Stickstoff der Luft zu erzeugen vermag, (vgl. Ammoniak) so kann auch bei gleichzeitiger Abwesenheit alkalischer Basen und stickstoffhaltiger organischer Körper Salpetersäure entstehen, wenn nur wenigstens erdige Basen vorhanden sind, auf welche das entstehende salpetersaure Ammoniak seine Salpetersäure überträgt, daher der salpetersaure Kalk der Mauern feuchter Lokale.

Daß sich aber Ammoniak wirklich zu Salpetersäure oxydiren könne, hat Kuhlmann, wenigstens bei höherer Temperatur, nachgewiesen. Als er ein Gemenge von Ammoniakgas oder kohlensaurem Ammoniak und Luft

1) Auch künstlich erhielt sie Cavendish durch den elektrischen Funken, als er denselben durch feuchte Luft schlagen ließ.

durch eine bis  $300^{\circ}$  C. erhitzte Glasröhre leitete, welche Platinschwamm enthält, wurde das Platin glühend und er erhielt je nach den Umständen Salpetersäure, salpetrige Salpetersäure, oder bei Ammoniaküberschuß salpetersaures Ammoniak. Schon in glühenden Röhren ohne Platin erhielt er so salpetrige Salpetersäure und Stickstoffoxyd. Stickstoff mit Sauerstoff gibt aber weder beim Erhitzen, noch bei gewöhnlicher Temperatur eine Spur von Salpetersäure. Es scheint also nothwendig zu sein, daß der Stickstoff zuvor eine Verbindung eingegangen habe, wenn er Salpetersäure bilden soll<sup>1)</sup>.

Dumas hat diesen Übergang auch unter Vermittlung von Basen experimentell nachgewiesen. Als er ein Gemenge von atmosphärischer Luft und Ammoniakgas bei  $+100^{\circ}$  C. durch eine Kalklösung streichen ließ, erhielt er nach einigen Tagen eine merkliche Menge von salpetersaurem Kali<sup>2)</sup>.

Kuhlmann gelang es selbst, das Ammoniak durch unmittelbare Oxydation in Salpetersäure umzuwandeln. Er erhielt nämlich letztere durch Destillation von schwefelsaurem Ammoniak mit doppeltchromsaurem Kali und Schwefelsäure, wobei die Schwefelsäure die Chromsäure abscheidet und sich mit dem Kali verbindet. Letztere ( $\ddot{\text{Cr}}$ ) wird zu Dryd ( $\ddot{\text{Cr}}$ ), während der frei werdende Sauerstoff den Wasserstoff des Ammoniaks zu Wasser, den Stickstoff zu Salpetersäure oxydirt. Derselbe Proceß findet statt bei Behandlung des Ammoniaksalzes mit Mangan- oder Bleihyperoxyd mit Schwefelsäure.

Demungeachtet glaubt Kuhlmann nicht, daß die Pflanzen ihren Stickstoff als Salpetersäure, sondern als Ammoniak erhalten, weil in der Tiefe des Bodens durch die von der Verwesung organischer Körper bedingte Desoxydation ein umgekehrter Proceß, eine Umwandlung von Salpetersäure in Ammoniak stattzufinden scheint. Wenigstens fand er, daß beim Zusammenbringen von salpetersaurem Kali mit Zink oder Eisen und Schwefelsäure oder Salzsäure so lange wenig oder kein Wasserstoffgas entwickelt wird, bis alle Salpetersäure in Ammoniak verwandelt ist. Ebenso wirkt Schwefelwasserstoff im Augenblicke des Freiwerdens, so Eisen- und Zinnorydulhydrat bei mehrtägiger Einwirkung<sup>3)</sup>.

Darstellung.

Man erhält die Salpetersäure gewöhnlich durch Abscheidung aus salpetersaurem Kali mittelst Schwefelsäure. Man erhitzt 102 Th. salpetersaures Kali oder 86 Th. salpetersaures Natron und 98 Th. concentrirte Schwefelsäure,  $\text{K}\ddot{\text{N}}$  oder  $\text{Na}\ddot{\text{N}} + 2\ddot{\text{S}} = \text{K}\ddot{\text{S}}_2$  oder  $\text{Na}\ddot{\text{S}}_2 + \ddot{\text{N}}$ , in einer Retorte, wobei die Salpetersäure als Hydrat mit Hinterlassung des schwefelsauren Alkalis destillirt. Wendet man nur 1 Atom  $\ddot{\text{S}}$  zur Zersetzung an,

1) Kuhlmann, Ann. der Pharm. 29. S. 272–291 und von da pharm. Centralblatt 1839. S. 520–522.

2) Compt. rend. 13. S. 1020; pharm. Centralbl. 1847. S. 159.

3) Compt. rend. Nov. 1846; Dingler's polytechn. Journ. Bd. 103. 1847. S. 302.

so bildet auch dieses nur mit der Hälfte Kali  $\text{K}\ddot{\text{S}}_2$ , und es gehört dann eine viel höhere Temperatur dazu, bis die Flüchtigkeit der Salpetersäure, unterstützt von dem Streben der Schwefelsäure des  $\text{K}\ddot{\text{S}}_2$ , sich des  $\text{K}$  des  $\text{K}\ddot{\text{N}}$  zu bemächtigen, ihre Verwandtschaft zum Kali überwindet, so daß auch das zweite Atom Salpetersäure frei wird und einfach schwefelsaures Kali zurückbleibt. Ferner ist auch hier die erste Portion Salpetersäure ziemlich wasserhaltig, während die zuletzt ausgeschiedene wegen Mangel an Wasser sich zersetzt und salpetrige Salpetersäure bildet.

Das erste Hydrat der Salpetersäure,  $\ddot{\text{N}}\ddot{\text{H}}$  ( $= 14\%$  Wasser), ist Eigenschaften. eine farblose rauchende Flüssigkeit von 1,522 specifischem Gewicht, welche bei  $-40^\circ \text{C.}$  gefriert und bei  $+86^\circ$  kocht, sie ist farblos, wird am Sonnenlichte durch theilweise Bildung von zweitem Hydrat und Zersetzung des wasserfreien Theils in salpetrige Säure und Sauerstoff, gelblich, zieht aus der Luft Wasser an; Eisen, Silber und andere Metalle werden davon wegen Mangel an der hinreichenden Menge Wasser nicht angegriffen.

Das zweite Hydrat,  $\ddot{\text{N}} + 5 \ddot{\text{H}}$  ( $= 40\%$  Wasser), welches im Handel unter dem Namen **Scheidewasser** (S. 120) vorkommt, ist tropfbar flüssig, von 1,42 specifischem Gewicht, kocht bei  $+123^\circ \text{C.}$ , wird am Sonnenlichte nicht gelb und erhitzt sich nicht beim Verdünnen mit Wasser wie das erste Hydrat.

Die gewöhnliche concentrirte Salpetersäure besteht aus einem Gemenge beider Hydrate, ist farblos, besitzt einen eigenthümlichen, nicht unangenehmen Geruch, einen sehr stark sauren, etwas bitterlichen Geschmack, röthet Lackmus stark, färbt die meisten organischen, namentlich die thierischen Substanzen gelb und gibt ihren Sauerstoff leicht zur Oxydation anderer Körper ab. Sie läßt sich mit Wasser in jedem Verhältnisse mischen und zieht dasselbe selbst aus der Luft an, muß daher in gut verschlossenen Gefäßen aufbewahrt werden.

Die Salpetersäure bildet mit den Dryden der Leicht- und Schwermetalle in Wasser meist sehr leicht lösliche Salze, Nitrats genannt, von dem lateinischen Namen der Salpetersäure, Acidum nitricum und dies von Nitrum Salpeter.

Man erkennt die Salpetersäure, wenn man sie für sich mit Kupfer- Ausmittelung feilspänen, oder ihre Salze unter Zusatz von concentrirter Schwefelsäure in einem Glaszylinder erhitzt, wobei sich rothgelbe Dämpfe von salpetriger Säure entwickeln. Oder man bringt die freie Salpetersäure für sich, oder ihre Salze nebst Schwefelsäure mit Eisenorydul zusammen, wodurch die Flüssigkeit, wie beim Stickstofforyd (S. 116) angegeben wurde, sich dunkelbraun färbt. Bei zu viel Salpetersäure tritt die Reaction nicht ein, weil sich dann alles Eisenorydul in Dryd verwandelt. Freie Salpetersäure in einer Flüssigkeit erkennt man auch dadurch, daß man dieselbe mit geraspelttem Hirschhorn, Federschnitzeln, oder einem anderen weißen thierischen Körper zusammen im Wasserbade abdampft, wodurch sich letzterer citronengelb färbt. Die salpetersauren Salze erkennt man leicht daran, daß sie auf glühende Kohlen

gestreut, verpuffen. Da sie übrigens diese Eigenschaft auch mit den chlor-sauren Salzen gemein haben, so muß man sie mit Schwefelsäure und Lackmustinctur zusammenbringen, wobei Letztere von der freien Chlor-säure entfärbt, von der Salpetersäure aber nur geröthet wird, während die Indigolösung von beiden gebleicht wird.

Anwendung.

Die Salpetersäure ist als Drydationsmittel für die Chemie und viele Zweige der Technik unentbehrlich, man benützt sie daher zur Auflösung oder Drydation vieler Metalle und anderer Körper, welche von stärkeren, aber weniger oxydirend wirkenden Säuren nicht angegriffen werden. Da sie aus einer Legirung von Gold und Silber letzteres unter Zurücklassung des ersteren löst, so nannte man das gewöhnlich hierzu verwendete zweite Hydrat Scheidewasser.

Untersalpeter-säure.

Die salpetrige Salpetersäure, Untersalpetersäure,  $\ddot{N} + \ddot{N}$ , oder  $\ddot{N}$ , welche man am Leichtesten durch Erhitzen von salpetersaurem Blei-oxyd ( $Pb\ddot{N} = Pb + O + \ddot{N}$ ) erhält, bildet bei gewöhnlicher Temperatur eine rothe, bei  $-10^\circ$  C. gelbe, bei  $-20^\circ$  fast farblose Flüssigkeit, welche bei  $-40^\circ$  eine weiße feste Masse und bei  $+38^\circ$  ein gelbrothes Gas bildet. Sie wird durch Wasser in Salpetersäurehydrat und Stickstoff-oxydgas zerlegt, von Salpetersäurehydrat dagegen unverändert aufgelöst. Diese Flüssigkeit, gewöhnlich rothe rauchende Salpetersäure genannt, besitzt eine noch stärkere Drydationskraft, als die Salpetersäure für sich.

Die Wasser-stoffverbin-dung des Stickstoffs.

Die Verbindungen des Stickstoffs mit Wasserstoff (Ammonium und Ammoniak) werden bei den Alkalien, denen sie sich nach ihrem chemischen Verhalten anschließen, abgehandelt.

## Kohlenstoff.

Lat. Carboneum. Zeichen C. Atom und Äquivalent 75,000.

Vorkommen des Kohlenstoffs.

Der Kohlenstoff kommt für sich in der Natur vor und zwar am reinsten als Diamant, weniger rein im Graphit und Anthrazit, gebunden in der Kohlensäure und in allen organischen Körpern.

Darstellung.

Man erhält den Kohlenstoff im reinen Zustande durch Glühen von Lampenruß, durch stundenlanges Glühen von 2 Th. Eisenfeile, 1 Th. Braunstein und 1 Th. Kienruß. Die erkaltete Masse hinterläßt nach hinlänglichem Auskochen mit Salzsäure den Kohlenstoff ziemlich rein. Ganz rein erhält man ihn durch Erwärmung einer Mischung von kohlensaurer Kalterde und Kalium, wobei der Kohlenstoff der Kohlensäure seinen Sauerstoff ans Kalium abgibt und nebst Kali und Kalk zurückbleibt, wovon man ihn durch Behandlung mit Salzsäure befreit.

Eigenschaften.

Als Diamant krystallisirt der Kohlenstoff in durchsichtigen, farblosen oder im unreinen Zustande mannichfaltig gefärbten Oktaëdern von 3,5 specifischem Gewicht. Er ist unter allen Körpern der härteste, bricht unter allen am stärksten das Licht, besitzt einen starken und eigenthümlichen Glanz und leitet die Electricität nicht.

Als Graphit krystallisirt er in sechsseitigen undurchsichtigen, eisen-

schwarzen Tafeln von 2,4 specifischem Gewicht und Metallglanz, welche leicht abfärben und die Electricität leiten.

Der Anthrazit, so wie der künstlich gebildete Kohlenstoff zeigen keine Spur von Krystallisation, sie sind compact oder pulverförmig, dicht oder porös, von 2,0 specifischem Gewicht, undurchsichtig, schwarz und leiten die Electricität schlecht.

Diese Eigenschaft, unter gewissen Umständen eine verschiedene Form Allotropie. und Beschaffenheit anzunehmen, hat man außer dem Kohlenstoff auch noch an einigen andern Elementen wahrgenommen, wie beim Schwefel, Phosphor, Bor und Kiesel. Berzelius nennt dieses Verhalten *Allotropie* und bezeichnet die 3 allotropischen Zustände des Kohlenstoffs mit den Zeichen *Ca*, *Cβ*, *Cγ*.

Alle Arten des Kohlenstoffs sind stets fest, völlig unschmelzbar, feuerbeständig, geruch- und geschmacklos, unlöslich in Wasser und allen übrigen Lösungsmitteln, etwa schmelzendes Eisen ausgenommen, aus welchem der Kohlenstoff beim Erkalten als Graphitkrystalle ausscheidet; bei Luftzutritt oder im Sauerstoffgas zum Glühen erhitzt, verbrennt der reine Kohlenstoff ohne Rückstand zu Kohlensäure, während unreiner, wie Kohle, hierbei seine fixen Bestandtheile zurückläßt. Je dichter der Kohlenstoff ist, um so besser leitet er die Wärme, aber um so schwieriger läßt er sich entzünden, wie namentlich der Diamant, Graphit und Anthrazit.

Ein unreiner Kohlenstoff ist die Kohle, der Rückstand, welcher bei Kohle. einer durch hohe Temperatur eingeleiteten Zersetzung organischer Körper bleibt. Sie enthält außer dem kleinen Wasserstoffgehalte der Pflanzenkohle und dem Stickstoffgehalte der Thierkohle meistens noch die Grundlagen verschiedener Alkalien, Erden und Schwermetalloryde wahrscheinlich im metallischen Zustande oder als Kohlenstoffmetalle, welche beim Verbrennen der Kohle als Sauerstoffverbindungen, Asche, zurückbleiben. Die Kohle bildet eine schwarze poröse Masse von der Form der verkohlten Körper, wie das Holz, oder wenn diese beim Verkohlen schmelzen, von unbestimmter Form und dabei vermöge der Aufblähung der entweichenden Gasarten von schwammigem Aussehen und häufig metallähnlichem Glanz, wie Zucker, Leim, Horn.

Vermöge ihrer Porosität zeichnet sich die Kohle vorzüglich durch zwei Eigenschaften aus, nämlich durch das Vermögen, aus Flüssigkeiten verschiedene aufgelöste Körper auszufällen und in sich aufzunehmen, und durch das Vermögen, in ihre Poren sehr bedeutende Mengen von Gas einzufangen und darin im verdichteten Zustande festzuhalten. Man benutzt sie daher zum Entfärben von Flüssigkeiten, zum Entfärben des Zuckers, zur Entziehung verschiedener übelriechender Stoffe wie bei der Entfäulung des Branntweins, oder beim Trinkbarmachen von fauligem Wasser, zur Befreiung der Luft in abgeschlossenen Räumen von Kohlensäure und anderen der Gesundheit nachtheiligen Gasen.

Am reichlichsten nimmt die Kohle das Wassergas aus der Luft auf, weil sich dasselbe am Leichtesten verdichtet. Die Holzkohle nimmt daher

beim Liegen an der Luft um 10 bis 20 Procent am Gewichte zu, theils durch Aufnahme von atmosphärischer Luft, theils durch Verdichtung von Wasser. Aus dem Vermögen der Kohle, sowohl Luft, als Wassergas zu absorbiren, erklärt es sich, daß wenn Kohle, unmittelbar nach dem Glühen pulverisirt wird, noch ehe sie also ihre Absorption beendet hat und diese also erst nachher erfolgt, sich das Kohlenpulver durch diese Absorption so stark erhitzt, daß Feuer darin ausbricht, wie häufig auf Pulverfabriken, was aber nie geschieht, wenn die Kohle vor dem Pulvern einige Tage der Luft ausgesetzt und ihre Absorption also beendet war.

Sauerstoff-  
verbindungen  
des  
Kohlenstoffs.

Die wichtigsten Sauerstoffverbindungen des Kohlenstoffs sind ein indifferenten Körper, das Kohlenoxydgas und zwei Säuren, die Sauerfleesäure, wovon erst bei den organischen Säuren die Rede sein wird, und die Kohlenensäure.

Kohlenoxyd-  
gas.

Das Kohlenstoffoxyd oder Kohlenoxydgas  $\text{C}$  kommt in der Natur nicht vor, bildet sich aber bei jeder Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Körpern, namentlich wenn dieselbe aus Mangel an hinreichendem Sauerstoff nur unvollkommen erfolgt, und bei der Reduction der Metalloxyde durch Kohle. Um es darzustellen glüht man kohlen saure Kalkerde mit Kohle, oder erhitzt Sauerfleesäure ( $\text{C}$ ) mit concentrirter Schwefelsäure ( $\text{C} + 3 \text{H} + 3 \text{SH} = 3 \text{SH} + \text{C} + \text{C}$ ) und entfernt die zugleich gebildete Kohlenensäure ( $\text{C}$ ), indem man das Gas durch Kalkwasser leitet.

Es ist ein farbloses, geruch- und geschmackloses, permanentes Gas von 0,97 specifischem Gewicht, ohne Reaction auf Pflanzenfarben, wird von 100 Raumtheilen Wasser zu 6,5 Raumtheilen verschluckt, erstickt Menschen und Thiere, erregt, mit Luft gemengt, Schwindel und Kopfschmerz und verbrennt mit blaßblauer Flamme zu Kohlenensäure.

Kohlenensäure.  
Vorkommen.

Die Kohlenensäure (Luftsäure, fixe Luft),  $\text{C}$ , bildet einen Gemengtheil der atmosphärischen Luft, wovon sie aber im Durchschnitt nur etwa 0,0005 dem Gewichte nach beträgt, in größerer Menge quillt sie an manchen Stellen aus der Erde, wie in der Hundegrotte bei Neapel, in der Dunsstöhle bei Pyrmont im Fürstenthum Waldeck, bei Brohlthal am Rhein; sie findet sich ferner in Kellern, wo sie durch Gährung entsteht, oder sich vermöge ihres specifischen Gewichts wie auch in Grüste und Brunnen u. hinabsenkt, ferner in Bergwerken, wo sie saure oder stichende Wetter genannt wird. Sie findet sich im Quellwasser, welches ihr auch seinen erfrischenden Geschmack verdankt und Sauerwasser oder Sauerling heißt, wenn es so viel davon enthält, daß es einen auf der Zunge angenehmen stechenden oder prickelnden Geschmack besitzet, wie die Sauerlinge von Selters, Rissingen, Bocklet, Brückena, Franzensbad, Pyrmont u. Sie bildet sich an allen Orten, wo Thiere athmen, oder organische Körper gähren und verwesen. Endlich kommt sie auch noch in großer Menge chemisch gebunden in der Natur vor, namentlich mit Kalkerde.

Darstellung.

Um sie darzustellen, übergießt man kohlen saure Kalkerde, Marmor

oder Kreide mit verdünnter Schwefelsäure ( $\text{Ca}\ddot{\text{C}} + \ddot{\text{S}} = \text{Ca}\ddot{\text{S}} + \ddot{\text{S}}$ )  
 oder Salzsäure ( $\text{Ca}\ddot{\text{C}} + \text{H}\text{Cl} = \text{Ca}\text{Cl} + \text{H} + \ddot{\text{C}}$ ).

Die Kohlensäure ist ein farbloses, unbeständiges Gas von stechend Eigenschaften. säuerlichem Geruch und Geschmack und 1,5245 specifischem Gewicht. Sie wird durch einen Druck von 36 Atmosphären tropfbar flüssig und verdichtet sich, wenn man sie in diesem Zustande zum Theil aus einer sehr engen Öffnung ausströmen läßt, durch die dabei entstehende Verdunstungskälte zur festen eisförmigen Masse, durch deren Schmelzung und Verdunstung man die niedrigsten Temperaturgrade (bei gewöhnlichem Luftdrucke — 78° C. und unter der Luftpumpe — 93°) hervorgebracht hat.

Das kohlensaure Gas wirkt erstickend beim Einathmen, schon wenn es der Luft nur zu 9 Volumprocenten beigemengt ist, es verlöscht brennende Körper, röthet schwach das feuchte Lackmuspapier, welches beim Trocknen an der Luft seine blaue Farbe wieder annimmt; Baryt- und Kalkwasser werden davon durch Bildung von kohlensaurer Verbindungen getrübt. Das Wasser nimmt bei gewöhnlichem Luftdrucke sein gleiches Volumen, unter einem stärkeren Drucke 2—3 Volumen Kohlensäure auf, welche es dann bei gewöhnlichem Luftdrucke in kleinen Bläschen wieder abgibt. Es beruht darauf das Perlen der kohlensäurehaltigen Wässer, welche die unter einem starken Drucke unter dem Boden aufgenommene Kohlensäure an der Luft wieder abgeben.

Die Kohlensäure verbindet sich mit den meisten, zumal den starken Kohlensaure Salze. Basen (außer der Thonerde, dem Cer-, Mangan-, Eisen- und Zinnoryd und den Dryden der meisten mehr negativen Metalle) zu kohlensaurer Salzen, Carbonaten (vom lat. Namen der Kohlensäure, Acidum carbonicum). Sie ist übrigens eine schwache Säure, wird leicht von den meisten andern Säuren aus ihren Verbindungen unter Aufbrausen ausgetrieben, und bei starken Basen verschwindet nach ihrer Verbindung mit Kohlensäure nicht einmal die alkalische Reaction.

Um die Gegenwart der freien Kohlensäure in der Luft eines Raumes zu ermitteln, leert man ein mit destillirtem oder Regenwasser gefülltes Glas an dem Orte bis auf einen kleinen Rest von Wasser aus, welcher dazu dient, um aus dem verstopften und umgestürzten Glase die äußere Luft abzuhalten, und schüttelt dann die Luft mit Kalk- oder Barytwasser, welche davon unter Bildung kohlensaurer Erden getrübt werden. Mit Kohlensäure gesättigtes Wasser perlt beim Ausgießen, besonders beim Hineinwerfen von etwas Zucker, und kohlensaure Salze brausen sowohl in aufgelöster, als in fester Form beim Zutropfeln von Säuren auf. Quantitativ bestimmt man sie durch Messen ihres Volumens, oder wo sie nicht für sich allein vorkommt, durch Berechnung aus dem Barytniederschlag. Ausmittlung der Kohlensäure.

Die Kohlensäure der Luft dient zur Ernährung der Gewächse, indem Nutzen. sie diese absorbiren, zersetzen und den Sauerstoff wieder abgeben. Man benützt die Kohlensäure in der Chemie zu verschiedenen Scheidungen und Verbindungen, ebenso auch zu mancherlei technischen Zwecken.



Wasserstoff-  
verbindungen  
des  
Kohlenstoffs.

Zu den Wasserstoffverbindungen des Kohlenstoffs gehören außer zwei Gasarten, dem leichten und schweren Kohlenwasserstoffgas, auch noch verschiedene tropfbar flüssige und feste Körper, welche aber wie das Terpen- tin-, Wachholder- und Birkenöl (alle 3 isomer =  $C_{10}H_{16}$ ), Citronen- und Copaivbalsamöl ( $C_8H_8$ ), Steinöl und Kauchschul ( $C_8H_8$ ), Paraf- fin ( $C_{21}H_{42}$ ), Eupion ( $C_6H_{12}$ ) u. theils zu den Produkten des Pflanzen- lebens, zum Theil zu denen der trockenen Destillation gehören, wo sie auch in der Regel abgehandelt werden.

Leichtes Koh-  
lenwasserstoff-  
gas.

Das Kohlenwasserstoffgas im Minimum des Kohlenstoffge- haltes, Wasserstoffsubcarburet, leichte Kohlenwasserstoffgas, Grubengas oder Sumpfluft,  $CH_4$ , entwickelt sich beim Faulen organi- scher Körper, in Sümpfen, Morästen und stehenden Wässern, auch in Steinkohlengruben, wo es wegen der Explosionen, welche es beim Nähern einer Flamme erzeugt, schlagende Wetter oder feurige Schwaden heisst. Man wendet daher an solchen Orten zur Beleuchtung Davy's Sicherheitslampe (vgl. S. 105) an. Das Drahtnetz, welches das Licht dieser Lampe umgibt, kühlte das brennende Gas so weit ab, daß sich die Flamme nicht durchs Netz verbreiten kann. Es bildet ferner einen Haupt- bestandtheil der Gasarten, welche sich aus den gewöhnlichen Leuchtmaterialien entwickeln. Um dieses Gas zu erhalten, muß man es über Sümpfen auffangen, indem man dort Gefäße mit Wasser ausleert, oder man glüht Steinkohlen in einer eisernen Retorte und leitet das Gas zuerst durch eine rothglühende Röhre und dann durch Kaltmilch. Es läßt in jener Kohle, in dieser Schwefelwasserstoffgas. Das so erhaltene Gas ist aber stets mit etwas Kohlenoxyd, oft auch mit Wasserstoff gemengt. Rein erhält man es durch Erhitzen eines innigen Gemenges von 1 Atomgewicht ( $10\frac{1}{2}$  Theile) geschmolzenem Waryhydrat (auch mit gebranntem Kalk) und 1 Atomgew. ( $10\frac{1}{2}$  Th.) wasserfreiem effigsaurem Natron.

Davy's  
Sicherheits-  
lampe.

Es ist ein farbloses und im reinen Zustande geruchloses permanentes Gas von 0,56 specifischem Gewicht, es wird von 100 Raumtheilen Was- ser zu 7 Raumtheilen absorbirt, verbrennt beim Entzünden an der Luft mit blasser Flamme zu Kohlensäure und Wasser, explodirt dabei heftig, wenn es zuvor mit dem doppelten Volumen Sauerstoffgas vermengt war. Es ist eingeathmet dem Leben und der Gesundheit sehr nachtheilig und bil- det in sumpfigen Gegenden den Träger vieler Krankheitsstoffe.

Das schwere  
Kohlenwas-  
serstoffgas.

Das Kohlenwasserstoffgas im Maximum des Kohlenstoffge- haltes, Wasserstoffcarburet, schweres Kohlenwasserstoffgas, ölbildendes Gas oder Leuchtgas,  $CH_2$ , kommt in der Natur nicht vor. Man erhält es durch Kochen von einem Gewichtstheile langsam mit 4 Gewichtstheilen concentrirter Schwefelsäure gemengten Alkohols, die zu- gleich gebildete schwefelige Säure und Kohlensäure läßt man von Wasser absorbiren. Der Alkohol ( $C_4H_{10}O_2 + xH = 4CH_2 + 2H + xH$ ) tritt nämlich der Schwefelsäure nicht allein sein gebundenes Wasser ab, sondern wird in Leuchtgas und Wasser zersezt, welches letztere die

Säure ebenfalls aufnimmt; zuletzt bildet sich durch Zersetzung der Säure schweflige und Kohlensäure und eine kohlige Masse bleibt zurück. Ohne Nebenprodukte erhält man es durch Erhitzen von 3 Theilen geschmolzener und dann pulverisirter Borarsäure und 1 Theil wasserfreiem Alkohol, dem die Borarsäure bloß Wasser entzieht. Im Großen bereitet man es zur Gasbeleuchtung durch Glühen von Steinkohlen, oder indem man verschiedene harz- und fettartige Flüssigkeiten auf glühende Eisenflächen tropfen läßt, oder ihre Dämpfe durch glühende Röhren leitet.

Es ist ein farbloses, permanentes Gas von Ekel erregendem Geruche und 0,98 specifischem Gewicht, weshalb es auch schweres Kohlenwasserstoffgas heißt, da das vorhergehende nur 0,56 specifisches Gewicht hat, wirkt eingeathmet sehr giftig, wird vom sechsfachen Volumen Wasser absorbiert, zeigt keine Reaction, verbrennt an der Luft entzündet mit starkleuchtender hellgelber Flamme (daher Leuchtgas) zu Wasser und Kohlensäure und verpufft dabei, wenn es mit dem dreifachen Volumen Sauerstoffgas gemengt war, sehr heftig. Mit dem doppelten Volumen Chlorgas an der Luft entzündet, entsteht Chlormwasserstoffsäure unter Ausscheidung von Kohlenstoff, während es sich bei abgehaltener Luft damit zu einem öartigen Körper, Chloräther oder Chlorelayl,  $C_2H_4Cl$  verbindet, woher der Name ölbildendes Gas.

Außer bei der Destillation der Steinkohlen entsteht das Leuchtgas auch bei der Verbrennung des Holzes, Öls, Talgs, Wachs, der Harze und überhaupt aller organischen Körper, welche mit gelber, leuchtender Flamme brennen, und bildet so den Hauptbestandtheil der Flamme aller Leucht- und der meisten Brennmaterialien.

Eine Verbindung des Kohlenstoffs mit dem Stickstoff, das Cyan, findet als Salzbilder besser eine Stelle bei diesen.

Die übrigen Kohlenstoffverbindungen.

Das durch Destillation von Steinkohlen, oder auch aus Fetten und Harzen im unreinen Zustande erhaltene Leuchtgas benutzt man zur Gasbeleuchtung. Green bediente sich zuerst dieses Gases statt des Wasserstoffs (vgl. S. 107) zur Füllung der Luftballons, obgleich es etwas schwerer ist als dieser, weil man es in jeder Gasbereitungsanstalt vorrätig findet und dieses Gas die Poren des Ballons nicht so leicht durchdringt.

Die Verbindungen des Kohlenstoffs mit Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff bilden als organische Körper eine eigene Abtheilung in der Chemie, welche der der einfacheren anorganischen nachfolgt.

### Schwefel.

Lat. Sulphur. Zeichen S. Atom und Äquivalent 201,163, nach Erdmann und Marchand 200,000.

Der Schwefel kommt frei in der Nähe von Vulkanen, oft krystallisirt, auch in krystallinischen und pulverigen Massen in verschiedenen Gesteinen eingesprengt und als Überzug vor, häufiger in Verbindungen und zwar mit Metallen, wie im Eisen- und Kupferfies, Bleiglanz u., besonders aber mit Sauerstoff als Schwefelsäure in Salzen, wie schwefelsaurer Kalk oder Gyps, schwefelsaure Magnesia oder Bittersalz, schwefelsaures

Vorkommen des Schwefels.

Natron oder Glauberſalz, ſchwefelſaures Eiſenorydul oder Eiſenvitriol ꝛ., mit Waſſerſtoff verbunden in den Schwefelwäſſern. Er kommt ferner im Thierreiche vor, im Pflanzenreiche, in den Samen der Cerealien und Leguminosen, beſonders in den Cruciferen und Zwiebelgewächſen.

Darstellung  
des  
Schwefels.

Man ſchmilzt oder deſtillirt den Schwefel von den erdigen Theilen oder aus Schwefelkies ( $\text{FeS}_2$ ) ab. Der ſo erhaltene Rohſchwefel wird geſchmolzen, abgeſchäumt und in genähte Formen gegoffen (Stangenschwefel), oder in geräumigen Kammern ſublimirt, an deren Wände er ſich als ein feines Pulver (Schwefelblumen) ablagert, und dann durch Abwaſchen mit Waſſer von anhängender ſchweflichter Säure gereinigt. Noch feiner zertheilt erhält man den Schwefel durch Fällung von Schwefelalkalien mit Säuren, wo man ihn früher wegen ſeiner weißen Farbe Schwefelmilch nannte.

Eigenſchaften.

Der Schwefel kryſtalliſirt aus Auflöſungen in ſpigen Rhombenoktaëdern, beim Schmelzen oder Sublimiren in ſchiefen rhombiſchen Säulen, der präcipitirte iſt amorph. Er iſt entweder citronengelb und durchſichtig oder blaßgelb und undurchſichtig. Er hat ein ſpecifiſches Gewicht von 2,0, iſt ſpröde, kniſtert durch Entſtehen kleiner Sprünge beim Erwärmen in der Hand, leitet die Elektriſität nicht, die Wärme ſchlecht, durch Reiben wird er negativ elektriſch, ſchmilzt bei  $+ 111^\circ \text{C.}$  zur hellgelben, dünnflüſſigen Maſſe, bei höherer Temperatur ( $+ 260^\circ$ ) geht er in den amorphen Zuſtand über, wo er braun, dick und zähe iſt, und in welchem er ſich auch durch ſchnelles Ausgießen in kaltes Waſſer bis zwei Tage erhalten läßt. Über  $250^\circ$  nimmt die Zähigkeit wieder ab und er kocht endlich bei  $316^\circ$ , indem er ſich in einen braunrothen Dampf verwandelt.

Dieſes abweichende Verhalten beruht darauf, daß der Schwefel bei verſchiedenen Temperaturen in verſchiedene allotropiſche Zuſtände (vgl. S. 121) übergeht. Als  $\text{Sa}$  erſcheint er in gelben, durchſichtigen Rhombenoktaëdern von 2,0 ſpecifiſchem Gewicht, als  $\text{S}\beta$  in braunen, durchſichtigen Prismen von 1,98 ſpecifiſchem Gewicht, die beim Erſtarren des geſchmolzenen Schwefels entſtehen, aber beim Erkalten gelb und undurchſichtig werden, indem ſie dann ein Aggregat von unendlich kleinen Kryſtallen von  $\text{Sa}$  bilden.  $\text{S}\gamma$ , welcher bei  $260^\circ$  entſteht, hat 1,95 ſpecifiſches Gewicht. Das Zäherwerden rührt alſo daher, daß  $\text{Sa}$  bei  $111^\circ$ ,  $\text{S}\gamma$  aber erſt bei  $260^\circ$  zu ſchmelzen beginnt.

Er hat einen ſchwachen Geruch und Geſchmack, iſt unlöslich im Waſſer, wenig löslich in Alkohol und Äther, leicht in fetten Ölen, Schwefelkohlenſtoff und Chloſchwefel. Auch in concentrirter Schwefelſäure löſt er ſich ohne Oxydation mit blauer, grüner oder brauner Farbe auf und wird durch Zuſatz von Waſſer daraus wieder unverändert abgeſchieden<sup>1)</sup>. Bis

1) Außer dem Schwefel iſt die Schwefelſäure nur noch für zwei andere Elemente ein indifferentes Löſungsmittel; Selen löſt ſich darin mit grüner, Tellur mit Purpurfarbe und werden daraus gleichfalls von Waſſer unverändert niedergeſchlagen.

über den Siedepunkt erhitzt verbrennt der Schwefel mit blauer Flamme zu schwefligsaurem Gas.

Den Schwefel erkennt man für sich oder in seinen Verbindungen mit Metallen an dem Geruche beim Verbrennen. Um sehr kleine Mengen in organischen Substanzen zu entdecken, glüht man, nach Hansmann, den zu untersuchenden Körper in einer etwa 3 Zoll langen, an einem Ende zugeschmolzenen Glasröhre über der Weingeistlampe und läßt die dabei entwickelten Gase an mit Bleiessig benetztes Papier treten, welches man in einem Einschnitte eines locker aufgelegten Korkstöpsels befestigt. Das Papier bräunt sich bei den kleinsten Mengen des vorhandenen Schwefels mit dem eigenthümlichen Metallglanze von frisch gebildetem Schwefelblei.

Thierische Substanzen kann man auch in starker Kalilauge auflösen und setzt einige Tropfen essigsaures Bleioryd zu, jedoch nicht mehr, als die Kalilauge auflöst. Beim Kochen der Mischung entsteht dann ein schwarzer Niederschlag von Schwefelblei. Da jedoch die alkalischen Lösungen, besonders einweisfartiger Körper, sich beim Kochen auch ohne Zusatz von Blei bräunen, so bedeckt man besser bloß das Gefäß mit in essigsaure Bleiorydlösung getränktem Filtrirpapier.

Der Schwefel wird zur Darstellung verschiedener chemischer Verbindungen, besonders der schwefligen und Schwefelsäure, benutzt, zu Abgüssen, Formen, Zündhölzern, Schwefelfaden und Lappen, zum Schießpulver etc.

Die wichtigsten Verbindungen des Schwefels mit Sauerstoff sind die schweflige Säure und die Schwefelsäure<sup>1)</sup>.

Die schweflige Säure  $\text{S}$  findet sich in vulkanischen Gegenden sowohl im gasförmigen Zustande, als aufgelöst in Quellwässern und bildet sich beim Verbrennen des Schwefels, beim Rösten der Schwefelmetalle. Man bereitet sie durch Verbrennen des Schwefels an der Luft, in Gasentwickelungsgefäßen durch Desorption der concentrirten Schwefelsäure, indem man dieselbe mit organischen Körpern, z. B. Holzsägespäne oder mit Kohle, mit Silber, Quecksilber oder Kupfer erhitzt, oder durch Drydation des Schwefels, indem man ihn mit Braunstein erhitzt.

Die schweflige Säure ist ein farbloses unbeständiges Gas von erstickendem Geruche, widerlich zusammenziehendem saurem Geschmache und 2,25 specifischem Gewicht, welches bei  $-20^{\circ}\text{C}$ . tropfbarflüssig wird und dann bald durch die bei der Verdunstung entstehende Kälte zu einer festen

1) Berzelius theilt die Säuren des Schwefels in 4 Abtheilungen nach der Anzahl von Schwefelatomen, welche in 1 Atom Säure enthalten ist und bezeichnet dieselben mit Mono-, Di-, Tri- und Tetrathionsäure von 1 Atom Schwefel. Zu jeder der beiden ersten Abtheilungen gehören zwei Säuren. Also 1) Monothionsäuren: Schwefelsäure  $\text{S}$  und schweflige Säure  $\text{S}$ . 2) Dithionsäuren: Dithionsäure (Unterschwefelsäure)  $\text{S}_2$  und dithionige Säure (unterschweflige Säure)  $\text{S}_2$ . 3) Trithionsäure  $\text{S}_3\text{O}_5$ . 4) Tetrathionsäure  $\text{S}_4\text{O}_6$ . Hierzu fügte noch Wackenroder 5) die Pentathionsäure  $\text{S}_5\text{O}_7$ .

weißen Masse erstarrt. Sie wirkt beim Einathmen erstickend und verlöscht brennende Körper, ohne selbst brennbar zu sein. Ein Volumen kaltes Wasser verschluckt 44, Alkohol 116 Volumen schwefligsaures Gas.

Die wässrige Lösung bildet mit dem Sauerstoff der Luft Schwefelsäure und röthet anfangs Lackmuspapier, bleicht es aber bald. Auch noch auf viele andere Thier- und Pflanzenfarbstoffe (vgl. d. A.) wirkt sie bleichend, indem sie sich damit theils verändert, theils unverändert verbindet. Die Entfärbung dauert daher nur so lange, als die Verbindung der schwefligen Säure mit dem Farbstoff besteht, und die Farbe erscheint wieder, wenn sich die  $\bar{S}$  allmählig an der Luft zu Schwefelsäure oxydirt, oder durch eine stärkere Säure, wie Schwefelsäure abgeschieden wird. Sie reducirt beim Erwärmen die Dryde der edlen Metalle und verwandelt Eisen- und Kupferoxyd in Drydule; zu Basen hat sie wenig Verwandtschaft und wird aus ihren Verbindungen (Sulphiten) durch stärkere Säuren unter Aufbrausen ausgetrieben.

Erkennung  
der schwefli-  
gen Säure.

Man erkennt die schweflige Säure leicht aus ihrem Geruche und ihrer Reaction auf Lackmus. Um sehr kleine Mengen freier oder gebundener schwefliger Säure in Flüssigkeiten nachzuweisen, versetzt man die Flüssigkeit mit etwas reinem Zink und wenn die Flüssigkeit nicht selbst eine Säure ist, mit 4—5fachem Volumen reiner verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure, und leitet das entwickelte Gas in eine Auflösung von essigsaurem Bleioryd. Die schweflige Säure bildet mit dem durch die Auflösung des Zinks erzeugten Wasserstoff Wasser und Schwefelwasserstoffgas, welches Bleisalze in Schwefelblei verwandelt, es entsteht daher ein schwarzer Niederschlag. Doch muß zuvor das Gas aus Zink und Säure allein eingeleitet werden, um zu sehen, ob nicht dieses unrein ist und schon für sich die Reaction bewirkt. Oder man erhitzt die Flüssigkeit mit Zinnchlorür und Salzsäure bis zum anfangenden Kochen, wo bei größerer Menge ein deutlicher brauner Niederschlag von Schwefelzinn entsteht. Wenn die Reaction undeutlich bleibt, setzt man etwas schwefelsaures Kupferoryd zu, wo so gleich ein schwarzer Niederschlag von Schwefelkupfer entsteht.

Anwendung.

Man benützt die schweflige Säure zur Reduction der Metalloryde, zum Bleichen der Wolle und Seide, zur Schwefelsäurefabrikation, zur Verhinderung des Sauerwerdens des Weins, zum Löschen des Feuers in geschlossenen Räumen, da sie allen übrigen Stoffen den zum Brennen nöthigen Sauerstoff entzieht.

Schwefel-  
säure.  
Vorkommen.

Die Schwefelsäure  $\bar{S}$  findet sich in der Natur im freien Zustande nur sparsam in einigen vulkanischen Gewässern; häufig aber in mehreren Salzen, besonders im schwefelsauren Kalk oder Gyps, schwefelsauren Baryt oder Schwerspath, in der schwefelsauren Magnesia oder Bittersalz, im schwefelsauren Eisenorydul oder Eisenvitriol.

Darstellung.

Man bereitet sie durch Glühen des calcinirten Eisenvitriols (Nordhäuser Schwefelsäure), wobei Schwefelsäure destillirt und Eisenoryd (Colcothar) zurückbleibt, oder durch gleichzeitiges Einleiten von schwefliger Säure, Stickstofforyd, atmosphärischer Luft und Wasserdämpfen in große Behälter von Blei (Bleikammern), wobei das Stickstofforyd durch den Sauerstoff der

Luft zu salpetriger Säure oxydirt wird, welche wieder die schweflige Säure in Schwefelsäure verwandelt, während sie selbst wieder zu Stickstoffoxyd desoxydirt wird, dieses wird wieder vom Sauerstoff der Luft in salpetrige Säure verwandelt u. s. f. Die dadurch erhaltene wässrige Schwefelsäure wird nachher in Bleigesäßen und, wenn sie so stark geworden, daß sie das an der Oberfläche der Gefäße entstandene schwefelsaure Blei auflöst, in Platingesäßen durch Verdampfen des Wassers concentrirt (englische Schwefelsäure). In beiden Fällen ist die Schwefelsäure wasserhaltig. Wasserfrei erhält man sie durch Destillation der nach der ersten Methode erhaltenen wasserhaltigen Säure bei gelinder Wärme.

Die wasserfreie Schwefelsäure bildet weiße, feine, weiche Krystallnadeln und Warzen, ist geruchlos, von 1,97 specifischem Gewicht, schmilzt gegen  $+ 10^{\circ}$  C. und kocht gegen  $30^{\circ}$  C., löst Schwefel mit blauer, grüner oder brauner Farbe auf, bildet an feuchter Luft durch Verdichtung von Wasser weiße Nebel, zerfließt und verbindet sich in Wasser geworfen mit demselben unter heftigem Zischen und starker Wärmeentwicklung zu vier verschiedenen Hydraten. Eigenschaften.

Das erste Hydrat  $\bar{S}_2H$  enthält 10% Wasser, krystallisirt bei  $0^{\circ}$  C., raucht und zerfließt an feuchter Luft. Hydrate der Schwefelsäure.

Das zweite Hydrat  $\bar{S}_2H$  enthält 18,5% Wasser, ist eine farb- und geruchlose Flüssigkeit von 1,84 specifischem Gewicht, gefriert bei  $- 34^{\circ}$  C., kocht bei  $+ 326^{\circ}$  C., zieht Wasser aus der Luft an, erhitzt sich mit Wasser sehr stark, muß daher ins Wasser, nicht aber das Wasser in die Säure gegossen werden, weil sonst das Wasser durch seine plötzliche Verdampfung die Säure umherschleudert.

Das dritte Hydrat  $\bar{S}_2H$  enthält 31% Wasser, ist eine farb- und geruchlose Flüssigkeit von 1,78 specifischem Gewicht, die bei  $0^{\circ}$  C. farblose Krystalle bildet, bei  $+ 4^{\circ}$  schmilzt und bei  $+ 224^{\circ}$  kocht, es erwärmt sich gleichfalls mit Wasser und zieht immer noch Feuchtigkeit aus der Luft an.

Das vierte Hydrat  $\bar{S}_2H_3$  enthält 40,2% Wasser, ist flüssig, von 1,63 specifischem Gewicht, kocht bei  $+ 171^{\circ}$  C. und erwärmt sich nicht mit Wasser.

Alle diese Hydrate sind farb- und geruchlos, schmecken im unverdünnten Zustande stark sauer und röthen Lackmus stark. Das erste und zweite Hydrat erregen, auf die Haut gebracht, schmerzhaftes Brandblasen und zerstören überhaupt die meisten organischen Körper, indem ihnen die Säure Wasserstoff und Sauerstoff entzieht und sich selbst damit als Wasser verbindet, unter Ausscheidung von Kohlenstoff, welcher die Säure bräunlich bis schwarz färbt. Diese Färbung verschwindet beim Aufkochen unter Entwicklung von Kohlenensäure und schwefliger Säure. Durch Einwirkung verdünnter Schwefelsäure in der Wärme entstehen aus vielen organischen Körpern neue Verbindungen. Bei Temperaturen, welche unter ihrem Siedepunkt liegen, ist die Schwefelsäure eine der stärksten aller Säuren, dagegen kann sie bei Temperaturen, welche viel darüber liegen, durch viel

schwächere aber feuerbeständige Säuren ausgetrieben werden, was noch durch eine Atmosphäre von Wassergas bedeutend erleichtert wird, indem sie sich mit dem Wasser verbindet. Sonst ist eine weit höhere Temperatur zu ihrer Austreibung nöthig, sie wird dann in schweflige Säure und Sauerstoff zerlegt. Sie verbindet sich begierig mit den Basen, die wasserfreie mit starken Basen sogar unter Erglühen und treibt daher die meisten Säuren aus ihren Verbindungen aus.

Vitriolöl.

Die Nordhäuser oder rauchende Schwefelsäure (Nordhäuser oder sächsisches Vitriolöl, weil sie aus Eisenvitriol dargestellt wird und eine ölähnliche Consistenz hat), ist eine gewöhnlich braungefärbte, öltartige Flüssigkeit, welche an feuchter Luft dichte feuchte Nebel ausstößt, hat ein specifisches Gewicht von 1,9 und ist eine Auflösung des ersten Hydrats im zweiten. Die englische Schwefelsäure ist weniger bräunlich gefärbt oder wasserhell, gleichfalls von öltartiger Consistenz, raucht an der Luft nicht, hat ein specifisches Gewicht von 1,85, besteht bloß aus dem zweiten Hydrat, findet wegen ihres geringeren Preises häufigere Anwendung und ist allemal gemeint, wo es bloß „concentrirte Schwefelsäure“ heißt, während die vorige mit „rauchende Schwefelsäure“ bezeichnet wird. Die schwefelsauren Salze heißen **Sulphate**.

Erkennung  
der Schwefel-  
säure.

Man erkennt die Schwefelsäure im freien oder gebundenen Zustande (als Salz) in Flüssigkeiten, indem man dieselben mit einigen Tropfen eines auflösbaren Barytsalzes (Chlorbaryum oder salpetersaurem Baryt) zersetzt. Ob aber wirklich die Trübung von Schwefelsäure herrührt, wird erst dadurch gewiß, daß sie nicht durch Salpetersäure verschwindet. Ist die Schwefelsäure im freien Zustande vorhanden, so läßt auch noch bei ziemlich großer Verdünnung ein Tropfen der Flüssigkeit mit etwas Zucker im Wasserbad verdampfen, unter Entwicklung schwefligsaurer Dämpfe einen schwarzen kohligen Rückstand, während derselbe bei Abwesenheit freier oder bloßer Gegenwart gebundener Schwefelsäure höchstens bräunlichgelb gefärbt erscheint. Ohne Wasserbad (über freiem Feuer) tritt natürlich auch ohne Schwefelsäure Verkohlung ein.

Anwendung.

Die Schwefelsäure wird in der Chemie wegen ihrer starken Verwandtschaft zu Basen zur Zersetzung vieler Verbindungen, zur Darstellung der Säuren, ferner als Reagens besonders auf Baryt- und Bleisalze, wegen ihrer Eigenschaft, Wasser aus der Luft anzuziehen, zum Trocknen und Entwässern benutzt, und um die Lösungen zerfließlicher oder an der Luft zersetzbarer Salze zur Krystallisation zu bringen, indem man ein Gefäß mit Schwefelsäure neben die zu entwässernde Substanz unter eine durch Bestreichen ihres Randes mit Fett luftdicht auf ihre Unterlage gesetzte Glasglocke bringt.

Schwefel-  
wasserstoff.

Eine Verbindung des Schwefels mit Wasserstoff bildet die **Schwefelwasserstoffsäure**, Hydrothionsäure, Hydrothion- oder Schwefelwasserstoffgas  $H_2S$  (Schwefelleber- oder hepatische Luft, von Hepar sulphuris [Schwefelalkali], weil sie sich bei der Zersetzung derselben durch

Säuren entwickelt). Sie kommt im Wasser aufgelöst in den sogenannten **Schwefelquellen** (hepatischen Wässern), wie Burtstetb, Weillbach vor, bildet sich häufig bei der Fäulnis thierischer Substanzen und wird erhalten durch Zersetzung von Schwefeleisen oder Schwefelalkalien durch Schwefelsäure ( $\text{Fe} + \text{S}^{\text{H}} + x\text{H} = \text{FeS} + 6\text{H} + y\text{H} + \text{H}$ ).

Sie ist ein farbloses, nach faulen Eiern riechendes, unbeständiges Gas von 1,2 specifischem Gewicht und saurer Reaction, welches beim Einathmen in größerer Menge tödlich wirkt und sich unter einem Drucke von 17 Atmosphären zur farblosen Flüssigkeit verdichtet. An der Luft entzündet verbrennt es zu schwefliger Säure und Wasser, bei gleichzeitiger Gegenwart von Sauerstoff oder atmosphärischer Luft explodirt es heftig. Salpetersäure und Chlor zersetzen es durch Entziehung von Wasserstoff und Abscheidung von Schwefel. Wasser löst das 2½fache, Alkohol das 6fache seines Volumens Gas auf. Die Auflösung setzt bei Berührung mit Luft allmählig einen weißen pulverigen Niederschlag von schwefelwasserstoffhaltigem Schwefel ab, eben so beim Einleiten von Chlorgas; durch Kochen wird das Gas ausgetrieben. Der Schwefelwasserstoff bildet mit Metalloxyden Schwefelmetalle und Wasser.

Um Schwefelwasserstoff in einem Gase oder einer Flüssigkeit zu erkennen, bringt man dieselben mit essigsaurer Bleioroxydauflösung oder damit befeuchtem Papier zusammen, wo sich noch bei einer Spur desselben schwarzes Schwefelblei bildet.

Ausmittelung  
des Schwefel-  
wasserstoffs.

Man benutzt das Schwefelwasserstoffgas in der Chemie zur Abscheidung der Schwermetalle aus ihren Auflösungen als unlösliche Schwefelmetalle und als Reagens auf dieselben. Auf die Vegetation scheint das Schwefelwasserstoffgas wohlthätig einzuwirken, da man an Schwefelquellen eine sehr üppige Vegetation findet, und die Wirkung des Gypses gründet sich nach Hermbstädt darauf, daß im Boden Schwefelcalcium daraus entsteht, welches dann Schwefelwasserstoff entwickelt, den die Pflanzen aufnehmen.

Mit Kohlenstoff bildet der Schwefel den **Schwefelkohlenstoff** oder Schwefelalkohol  $\text{C}^{\text{S}}$ , eine farblose, nach faulen Eiern riechende Flüssigkeit von 1,3 specifischem Gewicht, die sich nicht mit Wasser vermischen läßt, bei  $+ 42^{\circ}$  C. siedet, sich schon aus großer Entfernung durch brennende Körper entzündet, zu schwefliger Säure und Kohlensäure verbrennt und eines der besten Auflösungsmittel für Schwefel ist.

Schwefel-  
kohlenstoff.

### Das Selen

findet sich nur selten in der Natur und hat auch für die praktische Chemie keine Wichtigkeit.

### Phosphor.

Lat. Phosphorus. Zeichen P. Atomgewicht 196,143. Äquivalent 392,286.

Er findet sich in den meisten Flüssigkeiten des Körpers der höheren Thierklassen und der meisten Pflanzen. Als **Phosphorsäure** an Kalk

Vorkommen  
des  
phosphors.



gebunden bildet er den erdigen Bestandtheil der Knochen der höheren Thiere. Als phosphorsaure Kalk- und Bittererde kommt er in vielen Mineralien und Pflanzentheilen, als Phosphorwasserstoff in der Ausdünstung von Sümpfen vor.

**Darstellung.** Man bereitet den Phosphor, indem man eingetrodnete unreine Phosphorsäure mit Kohlenpulver — oder Knochenkohle mit Quarzpulver in einer irdenen Retorte einer starken Glüh Hitze aussetzt ( $\text{Ca}_3\text{P}_2 + 15\text{C} + 16\text{Si} = 8\text{CaSi}_2 + 15\text{C} + 6\text{P}$ ) und die entwickelten Dämpfe unter Wasser auffängt. Er wird dann unter heißem Wasser geschmolzen, in Glasröhren zu Stangen geformt, die man, um ihre Drydation zu verhüten, unter Wasser aufbewahrt.

**Eigenschaften.** Der Phosphor bildet bei gewöhnlicher Temperatur eine durchscheinende Masse, gewöhnlich von erbsengelber Farbe und krystallisirt in Rhombendodekaedern. In ganz reinem Zustande ist er jedoch farblos und wasserhell, wird aber bald gelblich, später braun und trüb, indem sich braunrothes Phosphororyd zu bilden scheint. Durch dessen vollständige Drydation zu Phosphorsäure, indem man ihn mit concentrirter mit Schwefelsäure versetzter Lösung von zweifachchromsaurem Kali schmilzt und dann schüttelt, wird er wieder hell wie Glas. Übrigens wird der Phosphor auch im luftleeren Raum und in sauerstofffreien Gasen roth. Man hält dies für eine allotropische Abänderung (vgl. S. 121). Eine andere entsteht, wenn man ihn bei Lichtabschluß längere Zeit unter Wasser aufbewahrt, er wird dann weiß und vollkommen undurchsichtig. Bisweilen wird er dunkelbraun, was nach Dupasquier von einem Arsenitgehalt herrührt und auf der Reduction von metallischem Arsenit beruht<sup>1)</sup>.

Er hat ein specifisches Gewicht von 1,75, schneidet sich bei gewöhnlicher Luftwärme wie Wachs, ist bei 0° spröde, schmilzt bei 42° C., siedet bei 298° und verwandelt sich in einen farblosen Dampf (im sauerstofffreien Raume), er verdampft schon bei gewöhnlicher Temperatur etwas, stößt an der Luft weiße, nach Knoblauch riechende Dämpfe aus, indem sich der flüchtige Phosphor zu nicht flüchtiger pulverförmiger phosphoriger Säure verdichtet, diese Dämpfe leuchten im Dunkeln. Um ihn zu pulverisiren, wird er unter Wasser geschmolzen und bis zum Erkalten geschüttelt. Er löst sich in Wasser nicht, in Alkohol, Äther, fetten und flüchtigen Ölen wenig, in Steinöl, Schwefelphosphor, Chlorschwefel und Schwefelkohlenstoff aber leicht.

Durch Reiben oder Erhitzen bis 75° C. entzündet er sich an der Luft und verbrennt mit blendender, hellgelber Flamme und dichtem, weißem Rauch (Phosphorsäure), während er bei gewöhnlicher Temperatur unter Wasseranziehung zerfließt zu wässriger phosphoriger Säure, welche allmählig in Phosphorsäure übergeht, weswegen er auch unter Wasser aufbewahrt werden muß, zugleich aber auch, wenn er nicht roth werden soll, vor dem Lichte geschützt.

1) Vgl. Dingler's polytechn. Journal. Bd. 94. 1844. S. 304.

Man erkennt den Phosphor in Substanz oder in seinen Auflösungen Ausmittlung an seinem Geruche nach Knoblauch oder faulen Fischen und dem Leuchten im Dunkeln. Er wird aus seiner Auflösung in Aether oder Weingeist als weißes Pulver gefällt, welches mit Salpetersäure gekocht, die Reactionen der Phosphorsäure ergibt.

Der Phosphor wird zur Darstellung reiner Phosphorsäure und zur Gebrauch. Bereitung der Streichzündhölzer benutzt.

Von den vier Sauerstoffverbindungen des Phosphors: Phosphororyd, Sauerstoffverbindungen unterphosphorige Säure, phosphorige und Phosphorsäure ist letztere die wichtigste.

Die Phosphorsäure  $\ddot{P}$  findet sich an verschiedene Basen gebunden Phosphor-säure. im Mineralreiche, so an Kalk im Apatit und Phosphorit, an Magnesia im Magnetit u. Man erhält sie wasserfrei durch Verbrennung des Phosphors, wasserhaltig durch Behandlung desselben mit kochender Salpetersäure, kalkhaltig durch Zersetzung der weißgebrannten Knochen (phosphorsaure Kalkerde) durch Schwefelsäure.

Sie bildet ein weißes Mehl, im geschmolzenen Zustande eine glasartige Masse, welche an der Luft zerfließt, löst sich in Wasser und Weingeist, röthet Lackmuspapier und schmeckt stark sauer. Die wässrige Auflösung hinterläßt beim Schmelzen und Abdampfen wasserhaltige Phosphorsäure  $\ddot{P}H$ , welche sich erst bei starker Rothglühitze verflüchtigt. Die Phosphorsäure verbindet sich leicht mit Basen, und obgleich sie auf nassem Wege von der Schwefelsäure aus ihren Verbindungen abgeschieden wird, so ist sie auf trockenem Wege doch auch diese Säure auszutreiben im Stande vermöge ihrer Feuerbeständigkeit, während die Schwefelsäure entweicht. Ihr Sättigungsverhältniß ist je nach der Behandlung der Säure verschieden, wodurch sich drei verschiedene isomere Modificationen der Phosphorsäure ergeben. Man unterscheidet dieselben am gewöhnlichsten durch Vorsetzung von a, b, c. Vorkommen und Darstellung.

Die aPhosphorsäure oder Metaphosphorsäure  $\ddot{P}H$ , im wasserfreien Zustande erhalten durch Verbrennen des Phosphors in trockner Luft und im wasserhaltigen durch Glühen der wasserhaltigen cPhosphorsäure, hat ein Sättigungsverhältniß wie 1 : 5, d. h. der Sauerstoff der Basis verhält sich zu dem der Säure = 1 : 5, es verbindet sich also z. B. 1 Atom Natron mit 1 Atom Säure zu neutralem Salz  $Na\ddot{P}$ . Diese Modification der Phosphorsäure fällt Eiweißlösung und Barytwasser weiß und ihre alkalischen Salze schlagen aus salpetersaurem Silberoryd weißes  $Ag\ddot{P}$  nieder. In Wasser gelöst verwandelt sich die aPhosphorsäure allmählig in cPhosphorsäurehydrat. Die drei isomeren Modificationen der Phosphorsäure.

Die bPhosphorsäure, Pyro- oder Paraphosphorsäure  $\ddot{P}H_2$ , entsteht durch Glühen von cphosphorsaurem Natron  $Na_2H + \ddot{P} + 24H$ , wodurch  $Na_2\ddot{P}$ , neutrales bphosphorsaures Natron zurückbleibt. Die Sättigungscapacität ist also hier = 2 : 5. Man fällt das  $Na_2\ddot{P}$  durch essigsaures Bleioryd und das phosphorsaure Bleioryd durch Schwefelwasserstoff.

Die so erhaltene freie bPhosphorsäure fällt weder Eiweißlösung noch Barytwasser, das bphosphorsaure Natron fällt das Silber ( $\text{Ag}_2\ddot{\text{P}}$ ) weiß. Die freie wässrige Säure verwandelt sich bald in cPhosphorsäurehydrat.

Die cPhosphorsäure oder die gewöhnliche Phosphorsäure  $\ddot{\text{P}}\text{H}_3$  erhält man durch Auflösen von Phosphor in verdünnter Salpetersäure und Abdestilliren des Überschusses von Salpetersäure. Ihr Sättigungsverhältniß ist  $= 3 : 5$ . Sie fällt wie die bPhosphorsäure weder Eiweißlösung noch Barytwasser, unterscheidet sich aber von derselben dadurch, daß ihre alkalischen Salze aus salpetersaurem Silberoryd  $\text{Ag}_2\ddot{\text{P}}$  fallen, welches eine eigelbe Farbe besißt. Sie geht durch Erhizen bis über  $+ 200^\circ \text{C.}$  in bPhosphorsäure, bis zum Glühen in aPhosphorsäure über.

Von den phosphorsauren Salzen, Phosphaten, sind nur die alkalischen in Wasser löslich.

#### Zusmittelung

Die Phosphorsäure erkennt man leicht an dem eigelben oder weißen Niederschlag, welchen das salpetersaure Silberoryd in den Auflösungen ihrer alkalischen Salze, nicht aber in der freien Säure erzeugt, weshalb man erstere zuvor mit Alkali sättigt. Der eigelbe Niederschlag kann leicht mit Jodsilber, der weiße mit Chlorsilber verwechselt werden. Allein die Jodsalze geben mit Quecksilberorydsalzen scharlachrothe, die Phosphate dagegen weiße Niederschläge und das Chlorsilber ist zwar wie das phosphorsaure Silberoryd in Ammoniak, nicht aber wie dieses in Säuren löslich.

#### Anwendung.

Man macht in der Chemie im Ganzen selten Gebrauch von der Phosphorsäure, etwa wo man bei Abscheidung schwächerer flüchtiger Säuren befürchten müßte, daß überschüssig angewendete Schwefelsäure durch ihre gleichzeitige Verflüchtigung bei der Destillation eine Verunreinigung der ersteren herbeiführen würde, oder bei organischen Verbindungen, welche durch Schwefelsäure bei höherer Temperatur leicht eine völlige Zersetzung erleiden könnten. Desto wichtiger sind ihre Verbindungen mit Alkalien und Erden als Bodenbestandtheile für die Vegetation.

#### Phosphorwasserstoff.

Mit Wasserstoff bildet der Phosphor eine dem Ammoniak analoge Verbindung  $\text{H}_3\text{P}$ . Der Phosphorwasserstoff entwickelt sich bei der Fäulniß phosphorhaltiger organischer Körper, daher besonders aus Sümpfen, ist ein farbloses, nach faulen Fischen riechendes, permanentes Gas von 1,2 specifischem Gewicht, welches in zwei isomeren Modificationen vorkommt, wovon die eine an der Luft sich von selbst entzündet und mit blendendem Lichte zu Phosphorsäure und Wasser verbrennt, die andere aber erst durch brennende Körper entzündet wird und nur im Dunkeln einen leuchtenden Schein verbreitet. Die erstere erhält man durch Erhizen von Phosphor mit Kalkhydrat, wobei ein Gemenge von phosphorsaurem und unterphosphorigsaurem Kalkerde zurückbleibt; die zweite durch Erhizen von wasserhaltiger phosphoriger Säure, oder durch Kochen von Phosphor in einer Auflösung von Kali in Alkohol, wobei sich unterphosphorigsaures Kali bildet. Leitet man das nach einer dieser Darstellungsmethoden erhaltene Gas in wasserfreies Zinnchlorid, so wird es absorbiert und durch Versetzen mit

**Wasser als nicht selbstentzündliches, durch Ammoniak aber als selbstentzündliches Gas abgeschieden.** Man kann also beliebig eine Modification in die andere umwandeln.

Die **Irlichter** oder **Irzwische**, kleine Flämmchen, welche man in **Irlichter.** Sommernächten vorzüglich an feuchten Orten, wo thierische Körper verwesen, in sumpfigen Gegenden, feuchten Kirchhöfen und dergleichen wahrnimmt, wo sie auf und nieder, hin und her hüpfen, sich mit einander vereinigen und wieder trennen, hat man für eine Folge der Phosphorwasserstoffgasentwicklung an diesen Orten gehalten. Das Gas entwickelt sich in verschiedener Menge an verschiedenen Punkten und entzündet sich, sobald es die unteren, vorzüglich des Nachts durch die Pflanzen ausgehauchten Schichten von Kohlensäuregas überschritten hat. Wenn die Lichtentwicklung ununterbrochen zu sein scheint, so kommt dies daher, daß die Gasentwicklung ununterbrochen erfolgt und jedes verbrannte Theilchen gleich wieder durch ein anderes ersetzt wird. Durch Luftzug können solche Theilchen verschiedene Bewegung bekommen, sich heben, senken, trennen und vereinigen.

Was aber gegen diese Annahme spricht, ist, daß die Flamme des Phosphorwasserstoffs weit stärker leuchtet als die Irlichter und bei diesen noch nicht der Geruch dieses Gases hat wahrgenommen werden können<sup>1)</sup>. Vielleicht besteht das Gas der Irlichter aus Sumpfgas, dem nur ein kleiner Theil selbstentzündlicher Phosphorwasserstoff beigemengt ist.

### Bor oder Boron.

Zeichen B. Atomgewicht und Äquivalent 136,204.

Das Bor ist ein Element, welches einige Ähnlichkeit mit Kohlenstoff besitzt, aber in der Natur nur sparsam und zwar an Sauerstoff gebunden vorkommt und durch Zersetzung von Fluorborkalium mittelst Kalium und Ausziehen des entstandenen Fluorkaliums mit Wasser erhalten wird.

Es bildet ein grünlichbraunes, etwas in Wasser lösliches Pulver,  $B_\alpha$ , das bei Luftabschluß geglüht zu einer dichten dunkeln, in Wasser unlöslichen Masse,  $B_\beta$  (vgl. S. 121 Allotropie), zusammenbackt, ohne zu schmelzen, bei Luftzutritt hingegen erhitzt zu Borsäure verbrennt.

Die **Borsäure** oder **Borarsäure**  $\tilde{B}$  findet sich als **Saffolin**<sup>2)</sup> am **Borsäure.** Krater von Vulkanen, in einigen Seen aufgelöst, als **Linal** an Natron gebunden, auch an Bittererde und andern Basen im Mineralreich. Man erhält sie aus dem Linal oder Borax, indem man zu einer heiß gesättigten Auflösung desselben so viel Salzsäure setzt, daß Lackmuspapier stark roth davon wird, wo dann beim Abkühlen die schwer lösliche Borsäure herauskrySTALLISIRT.

Die Borsäure ist ein farbloses, durchsichtiges, beim Glühen schmel- **Eigenschaften.** zendes, aber feuerbeständiges Glas, das durch Wasseraufnahme an der Luft sich trübt und endlich zerfällt. Sie löst sich in 33 Gewichtstheilen Wasser

1) Vgl. auch Leonhard's Taschenbuch f. Freunde d. Geologie. 2. Jahrg. S. 33.

2) Von Saffo bei Siena in Toskana, wo sie reichlich vorkommt.

auf und krystallisirt beim Verdunsten desselben in glänzenden Schuppen als  $\text{B}_2\text{H}_6$  mit 43,6% Wasser. Sie löst sich auch in Alkohol, läßt sich mit den Dämpfen desselben verflüchtigen und färbt seine Flamme grün. Sie hat einen schwachen, kaum sauern Geschmack, die wässrige Lösung färbt Lackmus nur weinroth und die alkoholische das Curcuma pigment sogar braun wie eine Basis. Auf nassem Wege ist sie eine sehr schwache Säure und kann selbst als Basis auftreten, wie z. B. im weinboraxsauren Kali ( $\text{K}\bar{\text{T}} + \text{B}\bar{\text{T}}$ ), hat daher nur wenig Verwandtschaft zu Basen und verbindet sich damit meist zu sauren Salzen, **Boraten**. In der Glühhitze treibt sie jedoch vermöge ihrer Feuerbeständigkeit selbst die stärksten Säuren aus, weshalb sie auch zu Löthrohrproben dient, um aus der Farbe der verglasten Borate die Schwermetalle zu erkennen.

**Erkennung.** Man erkennt die Borsäure vorzüglich an der grünen Flamme, womit ihre weingeistige Auflösung und besonders ein in dieselbe getauchter Baumwollendocht oder Papierstreifen brennt.

### Kiesel.

Lat. Silicium. Zeichen Si. Atomgewicht und Äquivalent 277,312.

Der Kiesel kommt wie das Bor, womit er viele Ähnlichkeit hat, nur an Sauerstoff gebunden vor und wird auch — wie jenes aus Fluorborborsäure — aus Fluorkieselsäure dargestellt.

Der Kiesel bildet ein dunkelbraunes Pulver, das an der Luft erhitzt mit Lebhaftigkeit zu Kieselsäure verbrennt, aber durch kein Mittel zu oxydiren ist, wenn es durch starke Erhitzung unter Luftabschluß zusammengefeint war. Die erstere Modification der Kieselsäure bezeichnet man mit  $\text{Si}\alpha$ , die andere mit  $\text{Si}\beta$  (vgl. *Motopie* S. 121).

### Kieselsäure.

Die Kieselsäure  $\text{Si}$  findet sich in der Natur am reinsten im Quarz (Bergkrystall), macht an Basen gebunden einen der Hauptbestandtheile der Erdrinde aus als Sand, Sandstein und Quarzfels, sie ist vorherrschend im Feldspath und Talk und nimmt nahe die Hälfte des Gemenges ein im Augit, in der Hornblende und im Glimmer, kommt aufgelöst in Mineralwässern und auch in gewöhnlichen Quellwässern vor und bildet ebenfalls einen Hauptbestandtheil der anorganischen Masse der Pflanzen, indem sie bei denselben die Stelle der Kalterde des Thierkörpers zu vertreten scheint, ebenfalls zunehmend, je unvollkommener die Organisation wird. Struve erhielt beim Verbrennen unvollkommener Pflanzen, wie Equisetum, Spongia, ein Skelet von Kieselsäure, welches nach der Entfernung der anhängenden Salze durch Salzsäure noch die Gestalt der Pflanze repräsentirt<sup>1)</sup>. Sie findet sich vorzüglich in großer Menge in der Oberhaut der Gräser, im Roggenhalm zu 6, beim Schilfrohr zu 50, beim Bambusrohr zu

1) Mehr hierüber vgl. im Journal für prakt. Chemie 5. S. 450—463 oder pharm. Centralbl. 1835. S. 907—908 aus der Abhandlung von Struve „de Silicia in plantis nonnullis.“

70 Procent. Sie gibt der Oberfläche solcher Gewächse das Rauhe und ihren Ranten die Schärfe.

Um die Kieselsäure für sich zu erhalten, sucht man reine Stücke von *Darstellung.* Bergkry stall aus, welcher fast ganz reine Kieselsäure ist, macht sie rothglühend und wirft sie dann ins Wasser, wo sie sich leicht pulverisiren lassen. Reiner erhält man sie durch Zusammenschmelzen von gleichen Theilen kohlensaurem Kali und Natron, welchen man so lange gepulverten Feuerstein oder ein anderes Kieselmineral zusetzt, als die Masse noch aufbraust. Man übergießt die erkaltete geschmolzene Masse mit durch Salzsäure angesäuertem Wasser, welches sowohl die Kieselsäure als das Alkali auflöst, filtrirt, trocknet ein, befeuchtet die trockene Masse mit concentrirter Salzsäure zur Auflösung vorhandenen Eisenoxyds und Thonerde und nach zwei Stunden mit heißem Wasser, so bleibt die Kieselsäure ungelöst, die man dann auf einem Filter sammelt, auswäscht, trocknet und glüht.

Die so erhaltene Kieselsäure oder, wie sie auch heißt, *Kieselerde*, ist *Eigenschaften.* ein weißes, geschmackloses, rauh anzuführendes, zwischen den Zähnen knirschendes, in Wasser und den gewöhnlichen Auflösungsmitteln ganz unlösliches Pulver von 2,20 specifischem Gewicht, welches auch im stärksten Gebläsefeuer vollkommen unschmelzbar ist, in der Flamme des Knallgasgebläses dagegen in kleinen Mengen zum farblosen, klaren Glase schmilzt. In der Natur kommt sie krystallisirt vor in sechsseitigen Säulen von 2,65 specifischem Gewicht, welche in sechsseitigen Pyramiden enden, wovon oft nur diese pyramidalen Zuspitzungen ausgebildet sind. Sie löst sich außer der Flußsäure in keiner Säure, aber allmählig in kochender concentrirter Kalilauge.

Außerdem gibt es aber auch noch eine Abänderung der Kieselsäure (*b* Kieselsäure  $\text{Si}\beta$ ), welche in verdünnten Säuren und selbst in Wasser auflöslich ist, und die man auf die oben beschriebene Weise durch Zersetzung von kieselurem Alkali mittelst Säuren erhält. Sie hat in diesem Zustande ein gallertartiges Aussehen. Ihre Auflösung röthet Lackmus nicht und setzt beim Verdampfen der Auflösung die Kieselsäure als erdige Masse ab, welche keine Spur von Krystallisation zeigt und sich wieder vollständig in Wasser lösen kann. Hat man aber beim Eindampfen Schwefelsäure oder Salzsäure zur Lösung gesetzt, so ist die erhaltene Kieselsäure nicht mehr im Wasser auflöslich, sondern ist dadurch in die unlösliche Varietät (*a* Kieselsäure  $\text{Si}\alpha$ ) verwandelt worden. Die unlösliche Abänderung kann aber wieder durch Kochen mit ägenden und selbst mit kohlensauren Alkalien in die lösliche verwandelt werden. Die Umwandlung geschieht ohne Kohlensäureentwicklung und man kann nach der Auflösung das Alkali vollständig mit einer Säure sättigen, ohne daß Kieselsäure niederfällt. Sie ist also im Wasser und nicht im kohlensauren Alkali gelöst.

Die zwei isomeren Modifikationen der Kieselsäure.

Die auflösliche Kieselerde scheint in der Mineralienklasse der Zeolithe vorhanden zu sein, welche zugleich Wasser enthalten und wovon sich manche in verdünnter Salzsäure auflösen. Man kann die lösliche Kieselsäure aus

jedem kiesel-sauren Salz erhalten, wenn man dasselbe mit kohlensaurem Alkali glüht und die geglühte Masse dann in verdünnter Salzsäure auflöst. Die Auflösung gibt, wenn sie concentrirt wird, eine durchscheinende, sehr zähe Gallerte, die beim Trocknen rissig und dem arabischen Gummi ähnlich wird. Nach vollkommenem Austrocknen löst sie sich in Wasser und Säuren nicht wieder auf. Sie enthält etwas Wasser, was aber Berzelius nicht für Hydrat-, sondern für hygroskopisches Wasser hält. Nach Graham wäre es indeß doch nicht unmöglich, daß dieses Wasser die Verschiedenheit zwischen den zwei Varietäten der Kieselsäure bilde.

Kiesel-saure  
Salze (Silicate).

Die Kieselsäure zeigt auf nassem Wege nur schwache Verwandtschaft zu den Basen. Ihre Salze heißen Silicate. Die Auflösungen der alkalischen Salze werden sogar durch die Kohlensäure der Luft ziemlich schnell zersetzt, bei den unlöslichen Verbindungen tritt unter Mitwirkung von Wasser diese Zersetzung, wenn auch langsamer ein; es beruht darauf die Verwitterung vieler Mineralien. Auf trockenem Wege treibt sie vermöge ihrer Feuerbeständigkeit die stärksten flüchtigen Säuren aus und verbindet sich dabei in sehr verschiedenen Verhältnissen mit den Metallsoryden.

Erkennung  
der  
Kieselsäure.

Man erkennt die Kieselsäure in Auflösungen beim Abdampfen derselben an den angegebenen Eigenschaften. Aus den Auflösungen ihrer Salze wird sie von Säuren als gelatinöse Masse gefällt, welche mit Thonerde verwechselt werden könnte, unterscheidet sich aber davon, daß sie nicht wie die Thonerde von überschüssiger Säure, wohl aber in einer hinreichenden Menge Wasser löslich ist, während der Thonerdeniederschlag sich darin zwar auf einige Zeit vertheilt, aber bald wieder ablagert.

Anwendung  
der  
Kieselsäure.

Die Kieselsäure wird in der Technik zur Bereitung der verschiedenen Glasmassen und Glasuren und als Zuschlag bei Hüttenprozessen benutzt. Für die Vegetation bildet sie einen der wichtigsten Bodenbestandtheile.

### Die Salzbilder

oder Haloide heißen, wie bereits oben angegeben wurde, jene elektronegativen Stoffe, welche durch ihre Verbindung mit Metallen unmittelbar Salze (Haloidsalze) bilden, während die Sauerstoffsalze Verbindungen zweiter Ordnung sind. Sie verbinden sich unmittelbar nicht mit dem Sauerstoff, wohl aber mit dem Wasserstoff, womit sie starke Säuren bilden. Mit Dryden erleiden diese Säuren eine gegenseitige Zersetzung, indem sich ihr Wasserstoff mit dem Sauerstoff des Dryds zu Wasser, der Salzbilder aber mit dem Metall zu einem Haloidsalze verbindet. Man rechnet hierher vier einfache Stoffe: Chlor, Brom, Jod und Fluor. Von den Zusammengesetzten ist besonders wichtig das Cyan.

Jedes Metall, das mehr als einen basischen Drydationsgrad hat, bildet, wie schon angegeben wurde, auch ebenso viel Haloidsalze mit einem und demselben Salzbilder. Man bezeichnet die dem Drydul entsprechende Verbindungsstufe mit der Endsilbe ür, die dem Dryd entsprechende mit id, z. B. Eisenchlorür, Eisenchlorid, Jodür, Jodid u., während man den Metallen, welche nur eine basische Drydationsstufe bilden, wie die der Alkalien,

alkalischen Erden und eigentlichen Erden, gewöhnlich den Namen des Salz- bilders voraussetzt, wie Chlorkalium, Fluorcalcium. Basische Haloidsalze sind solche, worin ein Haloidsalz mit dem Oxyd seines Metalles, und saure, worin es mit der Wasserstoffsäure seines Salzbilders verbunden ist. Die den Hyperoxyden entsprechenden Haloidsalze werden gleichfalls durch Super oder Hyper bezeichnet, wie Antimonsuperchlorür und Superchlorid.

## Chlor.

Zeichen Cl. Atomgewicht 221,640. Äquivalent 443,280.

Das Chlor kommt in der Natur nie frei vor, am häufigsten an Na- Vorkommen  
des Chlors.  
trium gebunden im Kochsalz.

Man erhält es aus einem Gemenge von 4 Gewichtstheilen Chlor- Darstellung.  
natrium oder Kochsalz, 3 Th. Manganhypersoxyd oder Braunstein und 6 Th. mit 7 Th. Wasser verdünnter englischer Schwefelsäure:  $\text{NaCl} \text{ Mn } 2 \text{ S H } 12 \text{ H} = \text{NaS} + 10 \text{ H } \text{MnS} + 4 \text{ H } 2 \text{ Cl}$ , oder durch Erhitzen von Salzsäure oder Chlornasserstoffsäure mit Braunstein:  $2 \text{ H-Cl Mn } x \text{ H} = \text{MnCl} + \text{H } y \text{ H } 2 \text{ Cl}$ . Im Großen auch, indem man 1 Vo- lumen Chlornasserstoffs gas mit 2 Volumen atmosphärischer Luft durch ein glühendes Rohr leitet <sup>1)</sup>. Im Kleinen durch Übergießen von Chlorkalk (unterchlorigsaurem Kalk) mit Essig oder einer andern Säure.

Das Chlor ist ein bläugrünlichgelbes (woher auch der Name von Eigenschaften.  
 $\chi\lambda\omega\rho\varsigma$  gelblichgrün), eigenthümlich riechendes, unbeständiges Gas von 2,44 specifischem Gewicht. Es wird durch den Druck von 4 Atmosphären zur grünlichgelben Flüssigkeit verdichtet, wirkt beim Einathmen tödlich, in geringer Menge schon nachtheilig, ist nicht brennbar und unterhält das Brennen organischer Körper nicht, obgleich manche Metalle, wie Antimon und Kupfer, darin mit Feuererscheinung zu Chloriden verbrennen. Wasser absorbiert davon mehr als das Doppelte seines Volumens, die Auflösung heißt Chlornasser. Das Chlor verbindet sich aber allmählig mit dem Wasserstoff des Wassers zu Chlornasserstoffsäure unter Entwicklung von Sauerstoff. Organische Farbstoffe, Geruch- und Anfechtungstoffe werden vom Chlor zerstört, indem sich dieselben mit Chlor oder mit dem Sauerstoff des Wassers verbinden, während sich das Chlor des Wasserstoffs be- mächtigt <sup>2)</sup>. Es kann auf diese Weise auch auf anorganische Körper oxy- dierend wirken.

Die Verbindungen des Chlors mit Metallen, die Chlorete, s. bei den Salzen.

Das freie Chlor erkennt man leicht an seinem Geruch und an der Erkennung.  
Eigenschaft, Pflanzenfarben, z. B. Indigo, zu bleichen. Eine Auflösung

1) Chemical Gaz. 1845. Nr. 72. S. 439—440; pharm. Centralbl. 1846. S. 320.

2) Kane hält sich überzeugt, daß die bleichende Wirkung eine Folge durch Substitution entstehender farbloser Chlorverbindungen ist.



von Chlorbaryum in einer Lösung von schwefliger Säure gibt damit einen Niederschlag von schwefelsaurem Baryt, indem der Sauerstoff des Wassers die schweflige Säure in Schwefelsäure verwandelt, der Wasserstoff aber an freie Chlor tritt. In seinen Salzen erkennt man es daran, daß die Auflösungen derselben noch bei großer Verdünnung mit salpetersaurem Silberoxyd einen weißen käsigen Niederschlag (oder wenigstens anfangs eine weiße Trübung) bilden, welcher am Lichte durch Reduction des Silbers violett wird und in Salpetersäure nicht, wohl aber in Ammoniak auflöslich ist. Vor dem Löthrohre färben die Chloride auf Zusatz von mit Kupferoxyd versetztem Phosphorsalz die Flamme durch Bildung von Chlorkupfer blau.

## Anwendung.

Man benutzt das Chlor zur Zerstörung von Farb-, Anstechungs- und Geruchstoffen. So benutzt man es in der Chemie zur Zerstörung organischer Farbstoffe, wenn diese die Deutlichkeit gewisser Reactionen hindern, zur höheren Oxydation der Metalle (mittels Wasserzersehung), z. B. von Eisenoxydul und der schwefligen Säure, um sie mit Barytsalz als schwefelsauren Baryt zu fällen, zur Entdeckung des Jods u. Nach Humboldt befördert es die Keimung so sehr, daß man dadurch selbst ganz alte Samen zum Keimen bringt. In Chlornasser erfolgte das Keimen von Kressensamen in 6—7 Stunden, in gewöhnlichem Wasser erst nach 36—38. In Ermangelung von Chlornasser dient auch ein Teig von Braunstein, Wasser und Salzsäure.

## Verbindungen des Chlors.

Mit dem Sauerstoff bildet das Chlor vier Säuren: die unterchlorige  $\text{Cl}$ , chlorige  $\text{Cl}$ , Chlor- $\text{Cl}$  und überchlorssäure  $\text{Cl}$  und mit dem Wasserstoff die Chlornasserstoffssäure, wovon besonders letztere von Wichtigkeit ist.

## Chlornasserstoff- oder Salzsäure. Vorkommen und Darstellung.

Die Chlornasserstoffssäure oder Salzsäure  $\text{HCl}$  findet sich frei in vulkanischen Exhalationen und Gewässern und im Magensaft vieler Thiere. Man erhält sie durch Erwärmen von Chlornatrium oder Kochsalz mit Schwefelsäure:  $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$ . Nimmt man dazu nur 1 Atom Schwefelsäure, so bildet sich anfangs doppelschwefelsaures Natron, dessen zweites Atom Schwefelsäure erst bei Glühtemperatur die andere Hälfte des Chlornatriums zersetzt, zuletzt wird auch schweflige Säure und Chlor entwickelt.

## Eigenschaften.

Der Chlornasserstoff  $\text{HCl}$  ist ein farbloses, stechend sauer riechendes, unbeständiges Gas von 1,25 specifischem Gewicht, welches sich durch einen Druck von 40 Atmosphären zur farblosen Flüssigkeit verdichtet, es ist nicht brennbar und raucht durch Wasserverdichtung an der Luft. Das Wasser verschluckt bei  $0^\circ \text{C}$ . 464 Volume des Gases und diese Auflösung ist unter dem Namen „Salzsäure“ bekannt, insofern die Säure aus dem bekanntesten Salze, dem Kochsalz, dargestellt wird.

Die Salzsäure ist eine farblose, stechend riechende, sehr ägend salzig sauer schmeckende, an der Luft rauchende Flüssigkeit von 1,21 specifischem Gewicht bei  $0^\circ \text{C}$ ., wo sie 42 % Chlornasserstoff enthält. Bei gewöhnlicher Temperatur hat sie 1,19 specifisches Gewicht, enthält nur 38 % Chlor-

wasserstoff und kocht bei  $+ 60^{\circ} \text{C.}$ , wobei sie beständig an Chlornasserstoff verliert und ihr Siedepunkt sich erhöht, bis bei  $+ 110^{\circ} \text{C.}$  eine Säure von 1,09 specifischem Gewicht und 19% Chlornasserstoffgehalt unverändert entweicht. Nur die unter der gewöhnlichen Temperatur dargestellte (in abgekühlter Vorlage aufgefangene) Säure raucht, nicht die verdünnte. Die Salzsäure röthet Lackmus sehr stark. Wenn sie rein ist, muß sie farblos sein, die käufliche hat eine gelbe Farbe, welche entweder von etwas Eisen, von organischen Substanzen oder von Chlor herrühren kann.

Man erkennt die Salzsäure auch noch bei großer Verdünnung daran, Erkennung. daß sie mit salpetersaurem Silberoryd einen weißen, käsigen, in verdünnter Salpetersäure nicht, wohl aber in Ammoniak löslichen Niederschlag von Chlorsilber gibt, welcher sich zwar in concentrirter Salzsäure auflöst, aber bei einiger Verdünnung sogleich wieder erscheint. Dieser Niederschlag unterscheidet sich von einem ganz ähnlichen aus Cyan Silber, daß letzterer am Lichte fast unverändert bleibt, während Chlorsilber sehr bald schwarz wird, auch läßt es sich in einem Porzellantiegel ohne Zersetzung zur hornartigen Masse schmelzen, während Cyan Silber bloß metallisches Silber zurückläßt. Übrigens unterscheidet sich die Salzsäure selbst von Cyanwasserstoffsäure schon ganz leicht dadurch, daß sie mit Braunstein (Manganhyperoryd) Chlor entwickelt, also Indigotinctur entfärbt, und mit Salpetersäure versetzt Goldblättchen auflöst, ersteres jedoch nur im freien Zustande, im gebundenen müßte sie durch Schwefelsäure frei gemacht werden.

Um zu wissen, ob die erhaltene Reaction von freier Salzsäure oder von einem Chlorid herrührt, erwärmt man etwas von der Probe auf einem Uhrglase, das man mit einem andern Uhrglase bedeckt, nachdem man zuvor auf letzteres einen Tropfen salpetersaurer Silberorydlösung angebracht hat. Man erhält dann — durch Verflüchtigung der freien Salzsäure — auf dem oberen Glase eine weiße Trübung von Chlorsilber.

Die Salzsäure findet sowohl in der Technik als in der Chemie sehr Anwendung. häufige Anwendung als Auflösungsmittel, da sie weniger oxydirend wirkt als Salpetersäure, im Ueberschusse angewendet sich leichter als diese wieder verdampfen läßt, mit allen basischen Erden leicht lösliche Verbindungen bildet, welche sich wegen ihrer Auflöslichkeit in Weingeist von andern nicht darin löslichen Verbindungen trennen lassen, und endlich auch, weil sie unter allen Säuren die billigste ist. Sie dient ferner als Reagens auf Ammoniak, mit dessen Dünsten ihre Dünste weiße Nebel bilden, und auf Silberoryd- und Quecksilberorydsalze.

Ein farbloses Gemenge von Salpetersäure und Salzsäure, welches Königswasser sich beim Erwärmen unter rothbrauner Färbung in Chlor, salpetrige Säure und Wasser zersetzt, heißt Königswasser, weil sich das Gold (früher der König der Metalle genannt) nur in diesem Säuregemenge auflöst, wirkt vermöge der salpetrigen Säure oxydirend und durch das Chlor auflösend auf Metalle, wie Gold und Platin, welche sich in keiner der beiden Säuren für sich auflösen würden.

Mit Stickstoff verbindet sich Chlor im Augenblicke seines Freiwerdens

aus einer Verbindung zu einer durch Erwärmung bis  $100^{\circ}$  C. äußerst heftig explodirenden Verbindung, Chlorkstoff  $\text{NCl}_3$ , z. B. beim Einleiten von Chlorgas in Chlorammoniumlösung:  $\text{NH}_4\text{Cl} + 12 \text{Cl} = 4 \text{HCl} + \text{NCl}_3$ .

Die Chlormetalle f. bei den Metallsalzen.

## Jod.

Zeichen I. Atomgewicht 782,785. Äquivalent 1565,570.

Das Jod findet sich nur in kleiner Menge in der Natur als Jodsilber und Quecksilber, im Weißbleierz von Gatorce in Mexiko, in sehr kleiner Menge im schlesischen Zinkerze, als Jodkalium oder -Natrium im salpetersauren Natron von Chili, im Steinsalz von Hall in Tyrol, als Jodnatrium, -Calcium oder -Magnesium in mehreren Salzseen und Mineralwässern, in kaum nachweisbarer Menge im Meerwasser, in größerer in den darin lebenden Thieren und Pflanzen als Jodkalium, -Natrium, -Calcium oder -Magnesium (woraus man diese Salze am leichtesten durch Einäscherung erhält), auch in einigen fern vom Meere lebenden Pflanzen und Thieren, namentlich Süßwasserpflanzen und einer Agaveart<sup>1)</sup>.

Man erhält es durch Destillation des Jodnatrium mit Schwefelsäure, wobei zuerst schwefelsaures Natron und Jodwasserstoffsäure ( $\text{Na}^+ \text{S}^2- \text{H}^+ = \text{Na}^+ \text{HS}^-$ ), dann Wasser, schwefelige Säure und Jodgas ( $\text{H}^+ \text{S}^2- = \text{H}^+ \text{S}^- + \text{S}$ ) entsteht.

Das Jod bildet bei gewöhnlicher Temperatur eisen schwarze metallglänzende Krystallschuppen von 5 specifischem Gewicht und einem eigenthümlichen, dem Chlor verwandten Geruch. Es verdunstet schon stark bei gewöhnlicher Temperatur, schmilzt bei  $107^{\circ}$  C. und siedet bei  $+180^{\circ}$  unter Verwandlung in ein schweres purpurvioletttes Gas. Wasser löst nur etwa  $\frac{1}{7000}$  Gewichtstheil Jod mit braungelber Farbe auf, weit mehr dagegen Wasser, welches Salze gelöst enthält, noch mehr Weingeist und Äther. Organische Körper werden davon meist braun gefärbt, Stärkmehl aber Erkennung. dunkelblau. Letzteres gilt auch als das beste Reagens auf Jod. Noch ein Milliontheil Jod in einer Flüssigkeit kann dadurch erkannt werden, daß letztere von Stärkmehlauflösung blaßroth, bei größerem Gehalte tief indigobis schwarzblau gefärbt wird. Das Jod ist daher (als Jodtinctur, eine Auflösung von 1 Theil Jod in 16 Theilen Alkohol von 0,850 specifischem Gewicht) für die Chemie gleichfalls ein wichtiges Reactionsmittel auf

1) Righini glaubt, daß Jod in Folge von vegetabilischen Zersetzungsprozessen aus den Chlormetallen gebildet werde. Er habe Jod in faulenden Blättern nachweisen können. Auch in dem trockenen Kraute von *Adiantum capillus Veneris* und *Asplenium Trichomanes* L. von den Bergen von Comaßto habe er Jod gefunden, mochte er die Blätter längere Zeit maceriren oder einäschern. Journ. de Chim. méd. 1845. Dec. S. 645; pharm. Centralbl. 1846. S. 144. Nach Lassaigue enthält auch der Kalkstein, worauf die Vavercpflanzen (deren Asche Jodverbindungen liefert) wachsen, durchaus kein Jod.

**Stärkmehl.** Cantu zeigte schon 1827, daß das Jod die Keimung der Samen noch mehr als das Chlor beschleunige. Sonst wird es nur in der Medicin, in der Technik fast nie gebraucht.

Mit Sauerstoff bildet das Jod ein Dryd und eine Säure ( $\ddot{I}$ ), auch eine der Salzsäure ähnliche Wasserstoffsäure, Hydrojodsäure ( $H\ddot{I}$ ). Mit Stickstoff bildet es eine dem Chlornstickstoff ähnliche, nur noch gefährlichere Verbindung  $N\ddot{I}$ , welche nicht bloß trocken durch die leiseste Berührung, oft sogar von selbst, sondern auch unter Flüssigkeit bei stärkerer Berührung explodirt und unter Andern dadurch erhalten wird, daß man Jod mit Ammoniakflüssigkeit etwa  $\frac{1}{4}$  Stunde in Berührung läßt. Es verbindet sich ferner mit Schwefel, Phosphor, Chlor und Brom und mit den meisten Metallen. Die letzteren Verbindungen heißen im Allgemeinen Jodmetalle, Jodete, und insbesondere die höheren Verbindungsstufen Jodide und die niederen Jodüre. Die Beschreibung derselben s. unten bei den Metallsalzen.

Verbindungen des Jods.

#### Brom.

Ein dem Jod sehr ähnliches Haloid, welches sich hauptsächlich dadurch von demselben unterscheidet, daß es das Stärkmehl nicht blau, sondern pomeranzengelb färbt, ist das Brom. Es hat bis jetzt noch keine Anwendung gefunden und wird sie auch wegen seiner Seltenheit nicht leicht finden. Blenghini fand, daß auch das Brom die Keimung der Samen beschleunige, doch weniger als Jod.

Brom.

#### Fluor.

Zeichen F. Atomgewicht 117,718. Äquivalent 235,435.

Fluor.

Es ist im freien Zustande unbekannt, da es, sobald es aus einer Verbindung ausgeschieden wird, sich sogleich mit der Substanz der angewendeten Gefäße verbindet. Gebunden kommt es am häufigsten im Mineralreiche vor und zwar an Calcium als Flußspath und an Aluminium im Topas.

Das Fluor verbindet sich nicht mit Sauerstoff, Chlor, Brom, Jod, Kohlenstoff oder Stickstoff, wohl aber mit Wasserstoff zu

Fluorwasserstoffsäure oder Flußsäure  $HF$ . Um sie darzustellen, erhitzt man gleiche Theile Fluorcalcium oder Flußspath und concentrirte Schwefelsäure in einer bleiernen Retorte und fängt die übergehende Säure in einer abgekühlten Blei- oder Platinvorlage auf ( $CaF\ddot{H}\ddot{S} = Ca\ddot{S}\ HF$ ). Sie ist eine farblose Flüssigkeit, welche schon bei  $+ 15^{\circ} C.$  kocht, nicht gefriert, einen stechenden Geruch besitzt, auf der Haut äußerst schmerzhaftes Eiterbläschen hervorbringt, an der Luft raucht, Fernambuk gelb färbt, sich mit Wasser unter Wärmeentwicklung verbindet, Glas ätzt und mit den meisten Metallen, außer Gold, Platin und Blei, unter Wasserstoffentwicklung Fluormetalle bildet. Diese heißen im Allgemeinen Fluorete oder Fluamate, insbesondere Fluoride, wenn sie den Dryden, und Fluorüre, wenn sie den Drydalen entsprechen. Die Beschreibung derselben s. unter den Salzen.

Erkennung  
des Fluors.

Man erkennt das Fluor in seinen Salzen, wenn man etwas davon mit Schwefelsäure in einem reinen unten geschlossenen Glaszylinder erhitzt, an welchem man nach dem Ausspülen mit Wasser über der Masse das Glas angegriffen, getrübt findet.

Kieselfluor-  
säure.

Wenn man bei der oben angegebenen Vereitung der Flußsäure Quarz- sand oder Glas zusetzt, so erhält man statt Flußsäure Fluorkieselgas  $\text{SiF}_4$ , welches, wenn es in Wasser geleitet wird, dasselbe so zersetzt, daß sich die Kieselsäure abscheidet, während Kieselfluorwasser- oder Kieselflußsäure  $3 \text{HF} + 2 \text{SiF}_4$  gelöst bleibt. Diese wird von allen starken Basen in Kieselsäure und Fluormetalle zersetzt. Kommt aber nicht mehr Basis hinzu, als zur Sättigung der freien Säure hinreicht, so erhält man Doppelsalze von Fluormetallen und Fluorkiesel (Kieselfluormetalle), worin letzterer doppelt so viel Fluor enthält, als die ersteren, wie das Kieselfluorkalium  $3 \text{KF} + 2 \text{SiF}_4$ . Die Kieselfluormetalle sind theils in Wasser leicht löslich, theils so unlöslich, daß die Kieselflußsäure als Reagens benutzt wird. So gibt sie mit den neutralen Kali-, Natron-, Lithion- und Barytsalzen Niederschläge. Die der ersten drei sind so durchscheinend, daß man sie anfangs gar nicht bemerkt, sie machen nur die Flüssigkeit etwas irisirend. Der Barytniederschlag ist krystallinisch. Die Kieselflußsäure dient daher zur Darstellung mancher Säuren, z. B. der Chlorsäure aus Kalisalzen.

### Cyan.

Cyan.

Zeichen CN oder Cy. Atomgewicht 164,956. Äquivalent: 329,911.

Es kommt in der Natur nicht vor, man erhält es durch Erhitzen von Cyanquecksilber und häufig als Zersetzungsprodukt stickstoffhaltiger Körper, wenn sie bei höherer Temperatur mit starken Basen in Berührung kommen. Es ist ein farbloses, eigenthümlich stechend riechendes, irrespirables Gas von 1,8 specifischem Gewicht, welches sich bei  $-18^\circ \text{C.}$  oder unter vierfachem Atmosphärendrucke zur farblosen Flüssigkeit verdichtet. Entzündet brennt es mit bläulich purpurrother Flamme zu Kohlensäure unter Ausscheidung von Stickstoff. Obgleich es ein zusammengesetzter Körper ist, so sind doch seine Verbindungen denen der übrigen Salzbilder ganz analog.

Sauerstoff-  
verbindungen

Das Cyan bildet mit Sauerstoff zwei isomere Modificationen:  $\text{Cy}$  die **Cyansäure** und **Knallsäure**, deren Verschiedenartigkeit sich aus ihren Salzen ergibt; sie können beide nicht direkt erzeugt werden. Die Knallsauern Salze zersetzen sich sehr leicht, schon durch Druck mit heftiger Detonation. Das knallsaure Quecksilberoxyd oder Knallquecksilber  $\text{HgCy}$ , erhalten durch Erwärmen von salpetersaurem Quecksilberoxyd mit Weingeist, wird mit Salpeter und Schwefel gemengt zum Füllen der Lündbüchsen benutzt.

Cyanwasser-  
stoff oder  
Blausäure.

Der Cyanwasserstoff oder die Blausäure (so genannt, weil man in ihr das blaufärbende Princip des Berlinerblaus oder Eisencyanür- cyanids erkannte)  $\text{HCy}$  wird mit einem ätherischem Öl aus gewissen Pflanzentheilen des Geschlechtes Amygdalus und Prunus, wie aus den bitteren Mandeln, den Pflaumen-, Kirsch- und auch den Apfelfernen, den

Blättern und der Rinde des Faulbaums, den Blüthen des Schlehenstrauchs und überhaupt allen Pflanzensubstanzen, welche nach bitteren Mandeln riechen und schmecken, erhalten, ist aber dem größten Theile nach darin ursprünglich nicht enthalten, sondern entsteht erst bei der Destillation dieser Substanzen als Zersetzungprodukt. Vgl. unter Amygdalin. Sie entsteht ferner durch Einwirkung schwacher Salpetersäure auf flüchtige Ole und Harze. Man erhält sie durch Destillation von Kaliumeisencyanür mit Phosphorsäure oder Zersetzung von Quecksilbercyanid mit Schwefelwasserstoff.

Sie ist eine farblose, nach bitteren Mandeln stark riechende, sehr flüchtige Flüssigkeit, die sich in allen Verhältnissen mit Wasser und Alkohol mischen läßt, sie röthet Lackmus schwach, zersetzt sich unter Einwirkung des Lichts in lösliches Cyanammonium und festen braunen Kohlenstoff, unter Einwirkung der Luft in dieselben Verbindungen nebst löslichem ameisensauren Ammoniak. Sie ist eines der stärksten Gifte und tödtet mit Bligesschnelle. Man hat bis jetzt noch kein verlässiges Gegenmittel, gewöhnlich wendet man Ammoniak innerlich und kalte Begießungen auf den Kopf an.

Um die schon vorhandene oder durch Zersetzung von Cyaniden mittelst Schwefelsäure u. erhaltene Blausäure zu ermitteln, verwandelt man sie durch Zusatz von Alkali in Cyankalium und bringt dies mit einem Eisenoxydorydsalz oder Eisenchloridchlorür zusammen und fügt dann zur Sättigung des überschüssigen Kalis noch etwas Säure zu, so erhält man einen dunkelblauen Niederschlag von Eisencyanürcyanid oder Berlinerblau. Um zu wissen, ob diese Reaction nicht von einem auflöslichen Cyanid, z. B. Cyankalium, herrührt, erwärmt man eine Probe davon auf einem Uhrglase, welches man mit einem andern bedeckt, worauf man einen Tropfen salpetersaure Silberoxydlösung angebracht hat. Es entsteht dann bloß durch Verdunstung der freien Säure eine weiße Trübung von Cyan Silber.

Das Cyan bildet mit allen Leicht- und Schwermetallen, das Aluminium etwa ausgenommen, wenn auch nicht immer einfache, doch wenigstens Doppelsalze. Diese Verbindungen heißen im Allgemeinen Cyanmetalle oder Cyanete, insbesondere aber die den Dryden entsprechenden Cyanide, die den Drydulen entsprechenden Cyanüre. Die Beschreibung derselben s. unter den Salzen.

### Metalle.

Von den bis jetzt genauer bekannten 47 Metallen findet sich in der Natur etwa nur der vierte Theil, nämlich Eisen, Blei, Bismuth, Kupfer, Quecksilber, Silber, Platin, Iridium, Palladium, Gold, Tellur, Antimon und Arsenik<sup>1)</sup>, im freien Zustande, gediegen (Metallum nativum, zum Unterschiede von regulinischem Metall, Metallkönig, Regulus metalli, ein durch Kunst im freien Zustande hergestelltes Metall). Die übrigen erscheinen ausschließlich in mehr oder weniger zusammengesetzten Verbindungen,

<sup>1)</sup> Über das Vorkommen des Zinns und Titans im freien Zustande vgl. Leonhardt's Taschenbuch f. Freunde d. Geologie. 2. Jahrg. S. 30.

wovon die zur Darstellung der Metalle geeigneten und ergiebigen Erze heißen. Obgleich die Metalle auch im Thier- und Pflanzenreiche vorkommen, so gehören sie doch vorzugsweise dem Mineralreiche an. Am häufigsten finden sich noch in organischen Körpern die Metalle des Kali, Natron, der Kalk- und Bittererde, in weit geringerer Menge das Eisen und bloß als Spuren das Kupfer.

Darstellung  
der Metalle.

Die Darstellung der Metalle im freien Zustande oder die Reduction derselben aus ihren Verbindungen ist sehr verschieden je nach ihren Eigenschaften und den damit verbundenen Stoffen. Die meisten werden aus ihren Sauerstoffverbindungen (Oxyden) und ihren Verbindungen mit Schwefel dargestellt, da diese am häufigsten in der Natur vorkommen. Die Darstellung geschieht gewöhnlich auf trockenem Wege durch Erhitzen, mit mehr elektropositiven Metallen, mit Kohle, welche sich dadurch in Kohlenoxydgas, Wasserstoffgas, welches sich in Wasser, oder Cyankalium, welches sich in cyansaures Kali verwandelt<sup>1)</sup>. Um das Zusammenschmelzen der reducirten Metalltheilchen zu befördern, setzt man leicht schmelzende Substanzen (Fluß), wie reines Glas, Flußpath, Borax zu. Bei der Reduction mit Wasserstoff geschieht dies nicht, weil derselbe besser einwirkt, wenn die Masse porös ist, und Cyankalium macht es unnöthig, da es selbst sehr leicht flüchtig ist. Bei denen, welche sehr geringe Verwandtschaft zu elektronegativen Elementen haben, wie Gold, Platin, reicht schon bloßes Glühen für sich hin.

Selten (wenigstens im Großen), wie beim Kupfer, benutzt man zur Reduction den nassen Weg, sehr häufig aber bedient man sich des letzteren bei analytischen Arbeiten, zur Nachweisung von Kupfer, Quecksilber, Arsenik, Antimon etc. Es wird hierzu ein zweites, regulinisches Metall erfordert, welches größere Verwandtschaft zum Sauerstoff hat, als das zu reducirende. Gewöhnlich bedient man sich dazu des Zinks und Eisens. Sie werden dabei krystallinisch in dendritischer Gruppierung ausgeschieden (Silber- und Bleibäume), oder wenn die Zersetzung sehr langsam geschieht, auch in ganzen Stücken von festem Zusammenhang.

Mit einigen Ausnahmen (für manche ihrer Verbindungen) vermag in nachstehender Ordnung das voranstehende Metall immer das nachfolgende zu reduciren: Zink, Mangan, Nickel, Kobalt, Uran, Eisen, Blei, Zinn, Kupfer, Wismuth, Antimon, Arsenik, Quecksilber, Silber, Gold, Platin. Das gelöste Metall tritt nämlich dem in die Lösung gebrachten seinen Sauerstoff nebst seiner Säure, oder sein Chlor, Jod etc.) ab.

1) Die Reduction durch Kohle kommt zwar weit billiger als die mittelst Wasserstoff und Cyankalium, führt aber eine Verunreinigung durch Bildung von Kohlenstoffmetall herbei.

2) Über die Reduction der Metalle auf nassem Wege vgl. auch Fischer im Arch. der Pharm. 11. S. 120—127; pharm. Centralbl. 1837. S. 788—791, Levol, Ann. de chim. et de phys. 1837. Juill. S. 285—290; pharm. Centralbl. 1838. S. 108—109 und Poumarède, Journ. de Pharm. Nov. 1846; Dingler's polytechn. Journ. 103. 1847. S. 465.

Die Metalle zeichnen sich durch nachstehende Eigenschaften vor den Nichtmetallen aus. Doch kommt ihnen fast keine einzige dieser Eigenschaften ausschließlich oder durchgehends zu, höchstens mit Ausnahme ihrer Fähigkeit, mit dem Sauerstoff Gasen zu bilden, so daß man immer mehrere derselben zusammennehmen muß, um ein Metall von einem Nichtmetall zu unterscheiden.

Die Metalle sind sowohl im flüssigen, als im festen Zustande vollkommen undurchsichtig. Ein Silberblatt von  $\frac{1}{100000}$  Linie Dicke läßt nicht einen einzigen Lichtstrahl durch. Doch ist diese Eigenschaft nicht absolut, denn ein  $\frac{1}{2000}$  Zoll dickes Goldblatt erscheint, gegen das Licht gehalten, blau, eben so Kupfer, fein zertheiltes Silber, Quecksilber<sup>1)</sup> u., sie lassen also die blauen Lichtstrahlen durch. Übrigens könnte dieser Lichtdurchgang auch von einer großen Zahl feiner Spalten und Poren herrühren. Aber Titan ist auch in stärkeren Schichten, an den Kanten seiner Krystalle, durchsichtig, und wie viele andere Körper sind nicht auch undurchsichtig, ohne Metalle zu seyn?

Vermöge ihrer Undurchsichtigkeit werfen die Metalle das Licht von ihrer Oberfläche vollkommener zurück, als andere Körper und zeigen dadurch einen eigenthümlichen Glanz, den sogenannten Metallglanz. Den größten Glanz hat Platin, dann folgt Stahl, Silber, Quecksilber, Gold, Kupfer, Zinn und Blei. Doch kommt diese Eigenschaft noch vielen anderen Körpern zu, welche eine glatte Oberfläche mit Dichtigkeit und Undurchsichtigkeit verbinden. So zeigen außerdem noch Selen, Jod, Graphit einen grauen Metallglanz; einen weißen manche Thierkohle, einen weißen oder gelben Glimmer und die Schuppen der Fische und mancher Schmetterlinge, einen grünlich gelben Saffor- und Fernambukroth, einen kupferrothen Indigo, einen grünen, blauen oder rothen die Bedeckungen vieler Käfer und Mücken, ohne eine Spur regulinischer Metalle zu enthalten. Auch viele chemischen Verbindungen der Metalle mit anderen nicht metallischen Stoffen zeigen diesen Metallglanz, obgleich ihnen alle übrigen Eigenschaften eines Metalls völlig abgehen. Manganshyperoxyd, Eisenglimmer (Eisenoxyd), Blei-, Antimon- und Molybdänglanz (Schwefelverbindungen) zeigen einen grauen, Aenderthalbschwefelwismuth einen weißen, Schwefelkies (Schwefeleisen), Kupferkies und Rußgold (Schwefelzinn), Chlornickel einen messing- bis goldgelben, auch Wolframorydnatron einen goldgelben, Eisencyanürcyanid und Wolframoryd einen kupferrothen Metallglanz u. Man kann endlich den Metallglanz selbst willkürlich auf der Oberfläche des gewöhnlichen Glases hervorbringen, wenn man es in Verhältnisse bringt, in welchen es alle auffallenden Lichtstrahlen reflectirt. Hält man z. B. einen leeren, d. h. bloß mit Luft gefüllten, unten geschlossenen Glaszylinder schief in ein mit Wasser gefülltes Gefäß, so daß auffallende

1) Bgl. Dumasquier Journ. de Pharm. et de Chim. 5. Ann. 10. S. 20—26 und Reifens Institut. Nr. 605. S. 279; pharm. Centralbl. 1846. S. 655 u. 608.



Lichtstrahlen denselben unter einem größeren Winkel, als  $48^{\circ} 35'$  treffen, so erscheint derselbe wie mit Quecksilber gefüllt.

**Farbe.** Die Farbe der Metalle ist verschieden, doch meistens grau oder weiß. Eisen, Mangan, Tantal, Wolfram, Arsenik und die Metalle der (eigentlichen) Erden bis auf Aluminium haben eine graue, Blei, Zink, Selenium und Palladium eine bläuliche, Kobalt eine röthlichgraue, Wismuth eine röthlichweiße, Gold eine gelbe, Silber, Quecksilber, Platin, Strontium, Rhodium, Zinn, Cadmium, Nickel, Uran, Tellur, Antimon, Molybdän, Chrom, Vanadium und die Metalle der Alkalien und alkalischen Erden nebst Aluminium eine weiße, Kupfer und Titan eine rothe Farbe.

**Geruch und Geschmack.**

Der Geruch, welchen die Metalle, namentlich beim Reiben, verbreiten, ist bei einigen viel auffallender, als bei anderen. Bei seiner Verflüchtigung in der Hitze entwickelt nur das Arsenik einen starken Geruch und zwar nach Knoblauch. Ohne Geschmack sind nur wenige, wie Silber, Gold, Platin. Der Geschmack des Kupfers, Eisens, Zinns und Bleis ist bekannt. Obgleich derselbe bei jedem Metalle verschieden ist, so hat er doch einen allgemeinen Charakter, er ist von einer rauhen Schärfe, stets unangenehm, schrumpfend, speichelziehend. Er spricht sich noch deutlicher in den Salzen aus.

**Schwere.**

Als das wichtigste Kennzeichen der Metalle galt ehemals die Schwere, da man vor der Zerlegung der Alkalien kein Metall kannte, welches nicht wenigstens sechsmal so schwer als Wasser war. Allein die Metalle der Alkalien sind weit leichter. Kalium und Natrium schwimmen auf dem Wasser.

Die specifischen Gewichte der Metalle lassen sich beiläufig durch nachstehende Zahlen ausdrücken: Kalium 0,86, Natrium 0,97, Baryum 4, Strontium 4—5, Titan 5,3, Chrom und Arsenik 5,9, Tellur 6, Antimon 6,7, Zinn und Zink 7, Eisen 7,8, Mangan 8, Cadmium, Kupfer, Kobalt, Nickel und Molybdän 8,6, Uran 9, Wismuth 9,8, Selenium 10, Silber 10,5, Rhodium 11, Blei und Palladium 11,3, Quecksilber 13,5, Wolfram 17,2, Gold 19,5, Platin und Strontium 21,5.

**Leitungs-  
fähigkeit für  
Elektricität.**

Ferner sollte das Leitungsvermögen für Elektricität ein charakteristisches Merkmal für die Metalle abgeben; allein auch nichtmetallische Elemente besitzen diese Eigenschaft; so leitet der Kohlenstoff als Graphit und Kohle die Elektricität<sup>1)</sup>, während sie manche Metalle, wie Zirkon, Aluminium, (pulveriges) Tantal und Tellur wenig oder fast gar nicht leiten. Pulverförmige Metalle leiten übrigens meistens die Elektricität weit schlechter. Doch übertreffen die meisten Metalle in ihrer Leitungs-fähigkeit andere Körper im Allgemeinen so außerordentlich, daß z. B. ein

1) Zob ist nach Rieß (Poggendorff's Annal. d. Phys. u. Chem. 64. 1845. S. 51) ein unvollkommener Leiter der Elektricität. Nach Collin dagegen (Lond. & Edinb. phil. Mag. 1836. S. 400—402; pharm. Centralbl. 1836. S. 384) leitet nur unreines Zob, reines aber nicht.

Wassercylinder von 1 Zoll Länge einen gleichen Widerstand leistet, wie ein eben so dicker Cylinder aus Eisen von 400 Millionen Zoll Länge. Sogar auch die Kohle leistet einen mehrere tausend Mal größern Widerstand, als Eisen oder Platin, die doch unter die schlechteren Elektricitätsleiter gehören. Nach Becquerel stehen die Metalle in dieser Beziehung in nachstehender absteigender Reihenfolge: Kupfer, Gold, Silber, Zink, Platin, Eisen, Zinn, Blei, Quecksilber, Kalium.

Einige Metalle können Magnetismus annehmen. Deutlich magnetisch werden nur Eisen, Kobalt und Nickel. Letzteres verliert seinen Magnetismus wieder bei einer Temperatur, wo Ni siedet, Eisen bei gelindem Rothglühen und Kobalt fast erst bei einer Temperatur, wo Kupfer schmilzt. Faraday schloß aus der bedeutenden Temperaturverschiedenheit, wo diese sonst so ähnlichen Metalle ihren Magnetismus verlieren, daß es bei den übrigen Metallen nur von der Temperatur abhängt, daß man bei ihnen keinen Magnetismus beobachtet hat. Spätere Versuche bestätigten dies <sup>1)</sup>, es gelang ihm, auch noch bei andern Metallen Magnetismus nachzuweisen. Die magnetischen Metalle folgen sich in abnehmendem Verhältnisse in nachstehender Ordnung: Eisen, Nickel, Kobalt, Mangan, Cer, Titan, Palladium, Platin und Osmium. Die übrigen Metalle nehmen diesen Versuchen zufolge keinen Magnetismus an. Die magnetischen Metalle behalten den Magnetismus mehr oder weniger auch in ihren Verbindungen mit andern Stoffen, wie Sauerstoff, Schwefel und selbst in ihren Salzen bei. Das Eisenorydorydul ist sogar weit stärker magnetisch, als das Metall im freien Zustande.

Die Eigenschaft poröser Körper, Gasarten in ihren Zwischenräumen zu verdichten, findet sich in besonders hohem Grade bei mehreren Metallen, wenn man dieselben in höchst fein zertheilten Zustand versetzt. Diese höchst feine Pulverform erzielt man am leichtesten dadurch, daß man die Metalle auf nassem Wege reducirt (vgl. S. 146). Auf trockenem Wege gelingt dies auch bei sehr leicht reducirbaren Metallen, wie Platin, durch bloßes Glühen ihrer Dryde oder Salze, bei schwerer reducirbaren muß man einen Strom Wasserstoffgas über das glühende Metall hinleiten.

Diese Eigenschaft ist bei manchen Metallen weit stärker, als bei allen übrigen oder bei andern porösen Körpern, so daß dieselben diese Anziehung von Gasarten, wenn auch in geringerem Maße, selbst noch als zusammenhängende Massen, als Draht oder Blech zeigen. Am kräftigsten wirkt Platin. Fast gleich kommen ihm Iridium und Osmium und, wenigstens ziemlich nahe, das Palladium und Rhodium. Weit schwächer äußern Gold, Silber und Kohle diese Wirkung.

Am genauesten sind die Wirkungen des Platins in dieser Beziehung untersucht worden. Wenn es im fein zertheilten Zustande, als sogenannter Platinschwamm, (den man durch Ausglühen des Chlorplatinammoniums als locker zusammenhängende Masse erhält), mit der Luft in Berührung

1) Poggendorff's Annal. d. Phys. u. Chem. Bd. 69. 1846. S. 289.

kommt, so absorbirt es nur den Sauerstoff derselben und zwar in solcher Menge (sein 250faches Volumen), daß oxydirbare Substanzen, wenn sie damit zusammengebracht werden, sich nicht selten unter Feuererscheinung oxydiren. Letztere scheint aber weniger von dem Oxydationsprozeß, als davon herzurühren, daß in einer verhältnißmäßig kurzen Zeit eine sehr bedeutende Menge Sauerstoffgas verdichtet wird, indem der oxydirbare Körper dem Platin den kaum absorbirten Sauerstoff sogleich wieder entzieht. Denn wenn man letzterem durch gleichzeitiges Erwärmen und Auspumpen mit der Luftpumpe alles absorbirte Gas entzieht und dann Luft Zutreten läßt, so kommt er durch die bloße Verdichtung von Sauerstoffgas ins Glühen.

Berzelius schreibt die Eigenschaft gewisser Metalle, auf solche Weise chemische Verbindungen und Zersetzungen zu vermitteln, wie schon S. 15 bemerkt wurde, einer eigenthümlichen Kraft zu, welche er katalytische Kraft nennt. Übrigens gehören die durch Platin vermittelten Prozesse zu denjenigen, welche auch durch eine erhöhte Temperatur eingeleitet werden, und es möchte wohl die Hauptveranlassung zu diesen Erscheinungen in der Erhitzung des Platins zu suchen sein, wenn dasselbe in einer gesteigerten Verdichtung von Flüssigkeiten begriffen ist, mögen Diese Lustarten oder tropfbare Flüssigkeiten sein.

Ein Beispiel von einer durch Platin vermittelten Verbindung ist die Vereinigung eines Gemenges von Wasserstoff- und Sauerstoffgas zu Wasser durch Hinzubringen von Platinschwamm, welche unter Licht- und Wärmeentwicklung erfolgt, ebenso die Oxydation der schwefeligen Säure zu Schwefelsäure, des Alkohols zu Essigsäure, des Holzgeistes zu Ameisensäure u., wobei das Platin gleichfalls ins Glühen kommt.

Auch auf solche Weise bewirkte Zersetzungen von Verbindungen lassen sich wie die erwähnten Oxydationen erklären, wie z. B. die Bildung von Ammoniak und Wasser aus einem Gemenge von Stickstoffoxyd- und Wasserstoffgas, von Cyanammonium aus einem Gemenge von Cyan- und Wasserstoffgas. Manche Zersetzungen erfolgen nur, wenn man bis zu einem gewissen Grade erwärmt. So gibt z. B. Weinsäure und Traubensäure, mit Platinschwamm gemengt, schon bei  $+ 160^{\circ}$  C. Kohlensäure und Wasser und zwar bei  $250^{\circ}$  in Verhältnissen, welche die vollständige Zusammensetzung der Weinsäure darstellen. Rohrzucker und andere Zuckerarten geben bei  $140$ — $150^{\circ}$  Kohlensäure, Olivenöl bei  $80$ — $90^{\circ}$  u. Doch wird Traubensäure und Citronensäure von Bimssteinpulver bereits früher und vollständiger zersetzt, als durch Platinschwamm. Drallsäure, auf welche Platinschwamm und Bimsstein unwirksam sind, wird dagegen durch Kohle zersetzt, aber auf andere Weise, als durch Zersetzen für sich<sup>1)</sup>.

Die Zersetzung von sehr lockeren Verbindungen, wie das Wasserstoffhyperoxyd, beruht offenbar auf Sauerstoffentziehung von Seite poröser

1) Vgl. Milon und Reiset, l'Institut Nr. 493; pharm. Centralbl. 1843. S. 525—526.

Körper. Sie wird nicht bloß von Platin und Palladium, sondern auch von Gold, Silber, Quecksilber und deren Dryden bewirkt.

Ein feiner bis  $+ 50^{\circ}$  C. erhitzter Platindraht vereinigt Gase mit einer Schnelligkeit, daß er bald glüht und die Gase entzündet, und nach Faraday bewirkt selbst kaltes Platinblech die Vereinigung von Sauerstoff und Wasserstoff, wenn auch nur langsam und ohne Feuererscheinung. Nach Jacobi<sup>1)</sup> vermag das Platinblech sogar Knallgas zu Wasser zu vereinigen, wenn es mit dem Gasgemenge gar nicht in unmittelbarer Berührung steht, sondern in edler absorbirenden Flüssigkeit, z. B. Wasser, untergetaucht ist, über welcher sich die Gase befinden.

Man benutzt daher den Platindraht zur Construction der **Davy'schen Glühlampe**, indem man mit demselben den Docht einer Weingeistlampe spiralförmig umwindet. Zündet man letzteren an und bläst ihn, sobald der Draht glüht, wieder aus, so glüht dieser so lange fort, als noch Weingeist vorhanden ist. Der Weingeist verbrennt durch die Erhitzung des Platins langsam, aber ohne Flamme. Nach Reinsch thun dies auch die Drähte anderer Metalle, wenigstens auf einige Zeit, wenn man eine Glasröhre darüber stürzt. Nach Wöttger ist jedoch hier die Wirkung von einer Drydschicht abzuleiten, da man durch Bestreuen des Dochtes mit verschiedenen Dryden dasselbe bewirkt.

Davy'sche  
Glühlampe.

Wie im Allgemeinen die Körper die Wärme um so besser leiten, je dichter (specifisch schwerer) sie sind, so sind auch die Metalle unter allen Körpern die besten Wärmeleiter. Setzt man das Wärmeleitungsvermögen des Goldes = 1000, so ist nach Despretz das des Platins 981, des Silbers 973, des Kupfers 898, des Eisens 374, des Zinks 263, des Zinns 304, des Bleies 180, des Marmors 24, des Porzellans 12 u.

Leitungs-  
fähigkeit für  
Wärme.

Geschmeidigkeit und Dehnbarkeit kommen nicht allen Metallen zu. Man theilte früher die Metalle nach ihrer Geschmeidigkeit in vollkommene, d. h. schmiedbare, und in Halbmetalle, welche unter dem Hammer zerspringen. Man hat diese Benennungen gegen die Ausdrücke geschmeidige und spröde Metalle vertauscht. Vgl. S. 155. Die geschmeidigen zeichnen sich durch ihre Zähigkeit aus, d. h. es erfordert eine bedeutende Kraft, um sie zu zerreißen. Sie folgen sich nach der Zähigkeit in nachstehender abnehmender Ordnung: Eisen, Kupfer, Platin, Silber, Gold, Zinn, Zink, Blei. Antimon, Wismuth, Arsenik sind so spröde, daß man sie leicht zu Pulver stoßen kann. Die Geschmeidigkeit oder Sprödigkeit ist aber nicht bloß bei verschiedenen Metallen, sondern auch bei einem und demselben bei verschiedenen Temperaturen verschieden. So ist das Zink kalt und sehr warm (über  $+ 200^{\circ}$  C.) so spröde, daß es von Hammerschlägen zertrümmert wird, zwischen  $+ 100$  und  $150^{\circ}$  aber so dehnbar, daß es sich hämmern, walzen und zu Draht ziehen läßt.

Geschmeidig-  
keit und  
Sprödigkeit.

1) Forciép's neue Notizen 1847 S. 330 aus dem Monatsbericht der Berliner Akademie Nov. 1846.

**Härte.** Noch mehr Verschiedenheit zeigen die Metalle rücksichtlich ihrer Härte. Es kommen bei ihnen fast alle Härtegrade vor. Der Stahl und das weiße Roheisen (Kohlenstoffverbindungen des Eisens) geben wenig anderen Körpern an Härte nach, das Stridium ist härter als Feldspath, läßt, mit dem Hammer geschlagen, Eindrücke auf dem stählernen Ambos zurück, Titantryskalle reißt selbst Quarz; dagegen nimmt Blei Eindrücke vom Fingernagel an und Kalium ist weich wie Wachs.

**Klang.** Mit der Härte der Metalle steht in der Regel die Elasticität in Zusammenhang, und je beträchtlicher beide sind, (also je mehr Theile auf einmal und je schneller dieselben schwingen), um so heller und härter ist der Klang, den die Metalle beim Anschlagen von sich geben. Zinn, Zink und Cadmium lassen beim Biegen ein eigenthümliches Knirschen hören, welches man Geschrei nennt.

**Schmelzbarkeit.** Alle Metalle können geschmolzen werden. Sie bleiben dabei sämtlich undurchsichtig, aber sie erfordern zum Flüssigwerden so ungleiche Temperaturen, daß Quecksilber noch bei der größten Kälte flüssig ist, während Platin erst in der stärksten Hitze des Knallgasgebläses, oder im Focus der größten Brennspiegel schmilzt. Die meisten werden beim Schmelzen auf einmal flüssig, andere werden allmählig weicher, bevor sie flüssig werden, wie Kalium, Natrium, Eisen, Platin, Palladium. Letztere drei erhalten dadurch die Eigenschaft, daß sich zwei Stücke bei Weißglühhitze durch Hammerschläge zusammenketten lassen, sind schweißbar. Stücke von Kalium lassen sich mit der Hand schon bei gewöhnlicher Temperatur zusammenketten. Die Schmelzpunkte der Metalle ergeben sich aus folgender Zusammenstellung:

Schmelzbar unter der Rothglühhitze.	Quecksilber . . . . .	— 38° C.
	(Eis) . . . . .	0
	Kalium . . . . .	+ 58
	(Gelbes Wachs) . . . . .	61
	Natrium . . . . .	90
	Legirung aus 4 Bismuth, 1 Blei und 1 Zinn . . . . .	94
	(Schwefel) . . . . .	111
	(Fichtenharz) . . . . .	135
	Arsenik . . . . .	unbekannt
	Zinn . . . . .	230
	Bismuth . . . . .	246
	(Bernstein) . . . . .	280
	Blei . . . . .	334
	Tellur, etwas schwerer schmelz- bar als Blei . . . . .	
	Zink . . . . .	360
	Antimon . . . . .	432
	Cadmium . . . . .	455

Unschmelzbar unter der Rothglühhitze.	(Glas) . . . . .	900		
	Bronze . . . . .	900		
	Silber . . . . .	1000		
	Neßing . . . . .	1015		
	Magnesium . . . . .	1050		
	Kupfer . . . . .	1050		
	Weißes Gußeisen . . . . .	1050		
	Gold . . . . .	1097		
	Braunes Gußeisen . . . . .	1100		
	Aluminium . . . . .	1300		
	Leichtflüssiger Stahl . . . . .	1300		
	Streuflüssiger Stahl . . . . .	1400		
	Kobalt . . . . .	1400		
	Heiße Schmelztiegel . . . . .	1400		
	Nickel . . . . .	1600		
	Schmiedeeisen . . . . .	"	In der stärksten Hitze des Gebläseofens.	
	Mangan . . . . .	"		
	Palladium . . . . .	"	Vor dem Gebläse nicht zu schmelzbar. Vor dem Knallgasgebläse schmelzbar.	
	Rhodium . . . . .	"		
	Uran . . . . .	"		
	Bismit . . . . .	1700		
	Chrom . . . . .	"	Unschmelzbar vor dem Gebläse, aber schmelzbar vor dem Knallgasgebläse.	
	Titan . . . . .	"		
	Cerium . . . . .	"		
	Osium . . . . .	"		
	Rhodium . . . . .	"		
	Platin . . . . .	2534		
	Iridium . . . . .	2700		
	Tantal . . . . .	"		

Von diesen Temperaturgraden haben jedoch nur die niedrigsten eine bestimmtere Geltung, da man für die höheren noch keine hinlänglich zuverlässigen Meßinstrumente (Pyrometer) besitzt.

Fast alle Metalle nehmen bei ihrem Übergange von der flüssigen in Krystallform. die feste Form Krystallgestalt an, und zwar um so leichter, je spröder die Metalle selbst sind und je langsamer sie erkalten. Im Gegentheile erkennt man daran bloß ein blätteriges oder strahliges Gefüge (Textur). Die meisten Metalle, deren Krystallform man beobachtet hat, krystallisiren sowohl in Oktaëdern, als in Würfeln, wie Kalium, Eisen, Blei, Bismuth, Kupfer, Quecksilber (beim Gefrieren), Gold, Silber und Platin. Palladium erscheint in quadratischen Oktaëdern; Antimon, Arsenik und Tellur in Rhomboëdern.

Dieselbe Verschiedenheit, wie bei der Schmelztemperatur, herrscht auch in der Flüchtigkeit der Metalle. Die Verdunstung des Quecksilbers ist schon bei mittlerer Lufttemperatur bemerklich, findet jedoch unter  $-6^{\circ}$  C. nicht mehr statt; Arsenik verdunstet bei  $+180^{\circ}$  C., Kalium in der Roth-

glühhige, auch Cadmium und Zink sind noch ziemlich leicht zu verflüchtigen, und Cadmium, Quecksilber, Arsen, Tellur, Natrium, Kalium und Zink lassen sich destilliren, während andere das heftigste Feuer zur Verflüchtigung erfordern, und Gold und Platin nur im Focus großer Brennspiegel etwas verdampfen<sup>1)</sup>. Die meisten schmelzen, bevor sie sich verflüchtigen, einige gehen unmittelbar vom festen in den gasförmigen Zustand über, wie Arsenik.

Chemische  
Eigenschaften.

Kein Metall löst sich in den gewöhnlichen indifferenten Lösungsmitteln (Wasser, Weingeist, Äther, Ole etc.) auf, und bei ihrer Auflösung in Säuren bleiben sie nicht unverändert, sie verbinden sich entweder mit Sauerstoff oder mit einem Bestandtheile der Säure. Nur Quecksilber löst sich als Dampf in Wasser, wenn es damit gekocht wird, und bleibt auch beim Erkalten darin gelöst, aber in so kleiner Menge, daß es lange dauerte, bis man es mit Bestimmtheit darin nachgewiesen hat, und Tellur löst sich ähnlich dem Schwefel und Selen, wie es scheint, ohne Oxydation in concentrirter Schwefelsäure und wird durch Zusatz von Wasser wieder metallisch daraus niedergeschlagen. In schmelzenden Metallen oder in Quecksilber lassen sich die festen Metalle zwar meist innerhalb gewisser Grenzen in beliebiger Menge auflösen, aber nicht ohne daß ein bestimmter Antheil des Gemenges eine chemische Verbindung bildet, welche sich an ihren veränderten Eigenschaften als solche zu erkennen gibt.

Noch kein Metall ist bis jetzt zerlegt worden, doch scheint ihre Zerlegung nicht außer den Grenzen der Möglichkeit zu liegen. Die Zersetzung des Ammoniums in Stickstoff und Wasserstoff ist der erste Schritt, welcher in dieser Beziehung gethan worden ist<sup>2)</sup>. Sie gehen sämmtlich, sowohl mit den nichtmetallischen Elementen, als unter einander selbst Verbindungen ein, ob dies gleich nicht immer auf directem Wege geschieht, sondern häufig erst durch prädisponirende Verwandtschaft eingeleitet wird. Die Verwandtschaft der elektropositiven wird durch die elektrische Spannung, welche bei ihrer Berührung mit einem mehr elektronegativen Metalle entsteht, bedeutend erhöht und die der elektronegativen dadurch bis zur Indifferenz gemindert.

1) Laurent will auch Eisen, Kobalt und Nickel verflüchtigt haben (Compt. rend. 1937. 2<sup>me</sup> Sem. Nr. 18; pharm. Centralbl. 1838. S. 47).

2) Wenn man (nach Arfvedson) Uranoxyd oder Chloruranalkium mit Wasserstoff reducirt, so erhält man aus ersterem ein braunes, an der Luft mit Feuererscheinung zu Dryd verbrennbares Pulver, aus letzterem metallglänzende Stäbchen, welche sich durch Kalium nicht weiter reduciren lassen und lange für einen einfachen Körper (Uranmetall) gehalten worden sind, bis endlich Peligot 1842 fand, daß das vermeintliche Metall das Suboxyd des wirklichen zuvor unbekannten Uranmetalls ist. Man erhält dasselbe nämlich bloß durch Behandlung des auch erst von Peligot entdeckten Chlorürs mit Kalium, welches jenem Drydul analog ist, was man zuvor für Metall hielt. Vgl. Poggendorff's Ann. 55. S. 229—236 und Ann. de Chim. et de Phys. 1842. V. Juin. S. 169—187 oder pharm. Centralbl. 1842. S. 321—329 u. 847—857.

Auf ihr Verhalten zum Sauerstoff läßt sich eine Eintheilung der Metalle in zwei Abtheilungen gründen; denn obgleich man sie gewöhnlich nach ihrem specifischen Gewicht in Leicht- und Schwermetalle theilt, so fällt doch ihr charakteristischer Unterschied, in Beziehung zum Sauerstoff, mit letzterer Eintheilung zusammen:

Eintheilung  
der Metalle.

Unter **Leichtmetallen** versteht man diejenigen, deren specifisches Gewicht das des Wassers nicht fünfmal übersteigt. Sie zeichnen sich durch ihre große Verwandtschaft zum Sauerstoff aus, sie oxydiren sich daher sehr leicht, halten den Sauerstoff äußerst fest gebunden und kommen daher auch in der Natur nur in Verbindungen und zwar gewöhnlich mit Sauerstoff vor. Man hat dieselben nach der Löslichkeit ihrer Dryde eingetheilt in die Metalle oder Radikale der Alkalien, welche sich in Wasser leicht, in die der alkalischen Erden, welche sich in Wasser schwer, und in die der Erden, welche sich in Wasser gar nicht lösen.

Leichtmetalle.

**Schwermetalle** hat man diejenigen genannt, welche über fünfmal so schwer als Wasser sind und mit Sauerstoff verbunden, denselben nicht fester zurückhalten, als daß sie durch Wasserstoff reducirbar sind. Die Schwermetalle theilt man zunächst in edle und unedle Metalle.

Schwermetalle.

**Edle Metalle** nennt man jene, deren Dryde durch bloße Erhitzung den Sauerstoff fahren lassen und sich auch schwierig damit verbinden, daher ihren Glanz sehr unverändert erhalten: Gold, Platin, Silber, Palladium, Rhodium und Iridium. Alle übrigen zeigen ein entgegengesetztes Verhalten und heißen deshalb unedle Metalle. Das Quecksilber bildet den Übergang zu den edlen.

Die unedlen Metalle zerfallen in geschmeidige, fest- und dehnbare Metalle, früher vollkommene Metalle oder Ganzmetalle genannt, und in spröde, früher Halbmetalle genannt. Zu den ersteren gehören Quecksilber, Kupfer, Nickel, Eisen, Blei, Zinn, Cadmium und Zink, die übrigen zu den spröden. Die edlen Metalle sind geschmeidig.

Man theilt die Metalle ferner ein, je nachdem sich ihre Verbindungen vorzugsweise elektronegativ oder positiv verhalten, in elektronegative und elektropositive Metalle.

**Elektronegative Metalle** sind jene, deren Sauerstoffverbindungen eine größere Neigung haben, Säuren zu bilden, als Basen abzugeben. Sie sind Tellur, Arsenik, Chrom, Vanadium, Molybdän, Wolfram, Antimon, Zantal, Titan.

Die **elektropositiven Metalle** bilden vorzugsweise den elektropositiven Bestandtheil, die Basis der Salze: Gold, Osmium, Iridium, Platin, Rhodium, Palladium, Silber, Quecksilber, Uran, Kupfer, Bismuth, Zinn, Blei, Cadmium, Zink, Nickel, Kobalt, Eisen, Mangan, Cerium, Lanthan, Dithym.

Die Metalle nehmen den Sauerstoff entweder geradezu aus der Luft oder aus dem Wasser auf, oder erst unter Mitwirkung von Säuren, entweder aus diesen selbst, aus dem beigemengten Wasser oder aus der Luft.



Oxydation der  
Metalle im  
Wasser.

Nur diejenigen, welche die größte Verwandtschaft zum Sauerstoff haben, vermögen das Wasser ohne Mitwirkung einer Säure oder einer Basis zu zersetzen. Kalium zerlegt das Wasser schon bei gewöhnlicher Temperatur und selbst Eis mit großer Heftigkeit unter Feuererscheinung, Natrium entzündet sich nur in warmem, oder wenn es nur mit sehr wenig Wasser auf einmal zusammenkommt, sonst erzeugt es bloß eine lebhafte Wasserstoffgasentwicklung; auch Baryum, Strontium, Calcium, Beryllium und Yttrium zerlegen das Wasser mit Heftigkeit; Aluminium oxydirt sich nur in Kochendem und die übrigen Leichtmetalle (Magnesium, Zirkonium und Thorium) für sich gar nicht in Wasser. Von den Schwermetallen zerlegt Mangan das Wasser fast eben so schnell, als die Leichtmetalle. Arsenik oxydirt sich auch im Wasser, aber nur langsam und unter Zutritt von Luft, im gepulverten Zustande dagegen kann es sich damit bis zum Entzünden erhitzen. Auch Blei vermag sich im Wasser zu oxydiren, scheinbar, wenn auch zugleich keine Luft vorhanden ist, nämlich nachdem das Wasser durch Auskochen von aller absorbirten Luft befreit worden ist, selbst in einer wohlverstopften Flasche. Es erfolgt aber keine Einwirkung, wenn man die Flasche noch warm in Quecksilber untertaucht. Ähnlich verhalten sich Zink und Eisen, sie werden im Wasser rostig, aber nur durch den Sauerstoff und die Kohlensäure der Luft, welche das Wasser im gewöhnlichen Zustande enthält. Mit Wasser befeuchtete Zinkspäne entwickeln nach einiger Zeit Wasserstoffgas unter Aufbrausen. Der Sauerstoff wird also hier, wie bei mehreren andern Metallen, Kupfer, Wismuth u. nicht aus dem Wasser aufgenommen, obgleich eine trockene Luft ohne Wasser keine Oxydation bewirkt. Beim Rothglühen oxydiren sich Blei, Zink, Eisen und wahrscheinlich auch noch andere Metalle leicht durch darüber geleitete Wasserdämpfe<sup>1)</sup>. Auf nassem Wege zerlegen die meisten Schwermetalle das Wasser bloß, wenn sie den positiven Leiter eines elektrischen Stroms bilden, oder unter Mitwirkung einer Säure, oder unter keiner Bedingung. Zink, Mangan, Uran und Eisen zerlegen es mit Lebhaftigkeit, langsamer und meist nur in etwas mehr concentrirter Säure Cadmium, Zinn, Kobalt und Nickel. Von den Leichtmetallen erfordern bloß Magnesium, Zirkonium und Thorium die Mitwirkung einer Säure zur Wasserzersehung. Die übrigen Metalle oxydiren sich auch unter Mitwirkung von Säuren nicht durch den Sauerstoff des Wassers.

Oxydation der  
Metalle an  
der Luft.

Langsamer, aber allgemeiner erfolgt die Oxydation der Metalle durch den Sauerstoff der atmosphärischen Luft. Kalium oxydirt sich schon bei gewöhnlicher Temperatur so schnell an der Luft, daß man beim Zerschneiden eines Stückes seinen Metallglanz nur einen Augenblick sehen kann. Natrium etwas später, auch Baryum, Strontium und Calcium überziehen sich ziemlich bald mit einer Haut von Oxyd; Magnesium und die Metalle

1) Vgl. Regnault über das Verhalten der Metalle und Schwefelmetalle zu Wasserdämpfen bei hohen Temperaturen in den Ann. de Chim. et de Phys. Août 1836. S. 337–388; pharm. Centralbl. 1837. S. 65–72 u. 81–86.

der Erden dagegen bleiben bei gewöhnlicher Temperatur fast unverändert an der Luft. Mangan oxydirt sich fast so schnell, als die Alkalimetalle. Arsenik, Zink und Blei überziehen sich weit langsamer mit einer Haut von Suboxyd, es sind hierzu mehrere Monate erforderlich<sup>1)</sup>. Die übrigen Metalle erleiden bei gewöhnlicher Temperatur in trockener Luft keine Oxydation und behalten ihren Metallglanz unverändert. Bei verhältnißmäßig erhöhter Temperatur werden jedoch alle Metalle oxydirt, mit Ausnahme von Gold, Platin, Silber, Palladium, Rhodium, Iridium, welche auch wegen dieser Unveränderlichkeit den Namen der edlen Metalle erhielten. Die zur Oxydation nöthige Temperatur ist verschieden. Die Metalle, welche niedrige Schmelzpunkte haben, wie Zinn, Bismuth, Blei, Zink (230, 246, 334 und 360° C.) bedecken sich beim Schmelzen mit Suboxyd, werden aber erst bei höherer Temperatur vollkommen oxydirt; Quecksilber oxydirt sich bei einem seinem Kochpunkte (360° C.) nahen Temperatur, wird aber beim Glühen wieder desoxydirt. Ebenso läuft Palladium beim Erhitzen an, wird aber bei höherer Temperatur wieder blank. Die Metalle, welche erst bei höherer Temperatur schmelzen, wie Eisen, Kupfer u., werden gewöhnlich noch weit unter ihrem Schmelzpunkte oxydirt; in der Regel aber ist wenigstens Glühhitze dazu nöthig. Zirkonium und Thorium oxydiren sich weit unter der Glühhitze, die übrigen Erdmetalle, nebst Magnesium, erst beim Glühen.

Anlaufen der Metalle.

Alle Metalle, welche sich durch Erhitzen oxydiren, verbrennen bei einer gewissen Temperatur mit Flamme oder unter Funkensprühen. Diese Temperatur ist um so niedriger, je oxydirbarer überhaupt ein Metall ist, es mag einen hohen oder niedrigen Schmelzpunkt haben. So entzündet sich Wolfram beim Rothglühen, Vanadin und Molybdän noch früher, Chrom schon wenig über einer Temperatur, bei welcher Papier verkohlt, während die sonst so leicht oxydirbaren Alkalimetalle dazu fast Glühhitze erfordern. Sehr schwer schmelzbare Metalle brauchen jedoch dazu eine sehr hohe Temperatur, wenn sie auch sonst ziemlich leicht oxydirbar sind. Eisen verbrennt erst bei Weißglühhitze, Nickel nur im Knallgasgebläse, beide mit Funkensprühen; auch Kobalt und Kupfer entzünden sich erst bei sehr hoher Temperatur, ersteres verbrennt mit rother, letzteres mit grüner Flamme. Mit farbiger Flamme verbrennen aber auch noch andere Metalle, Baryum und Molybdän mit gelbgrüner, Zink mit grünlich-, Bismuth, Blei, Zinn, Antimon, Arsenik und Quecksilber mit bläulichweißer, Tellur mit blauer, am Rande grüner Flamme, Kalium mit purpurvioletter, Strontium und Lithium mit karmosinrother, Calcium mit ziegelrother, Natrium mit pomeranzengelber. Bei den übrigen Metallen zeigt die Flamme keine besondere Färbung.

Verbrennen derselben.

1) Vgl. auch Bunsen über die Oxydation der Metalle in der atmosphärischen Luft in Poggendorff's Ann. d. Phys. u. Chem. 41 S. 293—314 u. 42 S. 325—338; pharm. Centralbl. 1838. S. 67—76; Jahrb. f. pr. Pharm. 1838. 283 oder Buchner's Repert. f. d. Pharm. 2. Reihe. Bd. 20.

Rosten der  
Metalle.

Ebenso sehr, als eine hohe Temperatur, begünstigt aber auch die gleichzeitige Gegenwart von Wasser und Kohlensäure die Sauerstoffaufnahme der Metalle aus der atmosphärischen Luft. Es oxydiren sich daher auch mehrere derselben in feuchter Luft, welche in trockener Luft keine Veränderung erleiden. So bedecken sich darin Eisen und Kupfer in kurzer Zeit mit einer Schichte von Drydhydrat (Rost), auch Bismuth läuft in feuchter Luft etwas an.

Drydationen, welche in trockener Luft erfolgen, werden in der Regel durch die Kohlensäure derselben prädisponirt. Nach Wonsdorff's Versuchen oxydirt sich kein Metall, selbst Kalium und Mangan nicht, in vollkommen trockner, von Kohlensäure und andern fremden Einnengungen freier Luft. Der gewöhnliche Wassergehalt der Luft reicht zur Drydation des Kalium und Natrium hin, während sich Mangan in einer mit Feuchtigkeit gesättigten Luft erhält, wenn sie frei von Kohlensäure ist.

Metalle mit polirter Oberfläche oxydiren sich langsamer, als solche mit rauher (z. B. abgefeilter) Fläche und poröse Stellen allemal zuerst, weil die Luft an solchen porösen Flächen leichter haftet und sich daran verdichtet. Metalloryde von lockerer Beschaffenheit, wie der Eisenrost, hindern die Verbreitung der Drydation nach Innen nicht, so daß unter günstigen Umständen von dem Metalle bald nichts mehr übrig ist, als Dryd. Häufiger bildet aber die Drydschichte eine so dichte Masse, daß nur ein sehr dünnes Häutchen davon entstehen kann, welches dann das Metall durch Abhaltung von Luft und Wasser vollkommen vor weiterer Zerstörung schützt, wie am Blei, Zinn, Zink oder die dünne Drydorydulschichte, welche Eisen oder Stahl durch das Blauanlaufen im Feuer erhält. Das Eisen bekommt durch Bestreichen und Abreiben mit Antimonchlorür oder einem Gemenge von Eisenchlorid und Kupfervitriollösung einen sehr dünnen, aber so dichten Überzug von basischem Eisenchlorid (brunirtes Eisen), daß dadurch alles weitere Rosten des Eisens an feuchter Luft verhütet wird. Denselben Zweck hat das Bruniren oder Bronziren des Kupfers, wodurch man es mit einer cochenillerothen Schichte von Drydul überzieht, welche so dünn ist, daß sie (wie die des blau angelautenen Eisens) den Metallglanz des Kupfers durchscheinen läßt, aber dicht genug, um das Rosten des Metalls (Ansatz von Grünspan) zu verhindern. Man erhält sie durch Anstreichen desselben mit Eisenoryd und Wasser und Glühen bis zu einem gewissen Grade, oder Kochen des Kupfers in sehr verdünnter Lösung von Grünspan und Salmiak<sup>1)</sup>, oder von salpetersaurem Ammoniak und chloresaurem Kali. Die braune Bronze der englischen Theemaschinen und Pulverflaschen erhält man, wenn man das Kupfer mit verdünnter Schwefelsäure äßt, mit Weinessig abbrennt und dann polirt<sup>2)</sup>.

1) Vgl. Berzelius, Lehrbuch der Chemie. 5. Aufl. II. 1844. S. 553. Anm.

2) Einen gleichen Schutz gegen Drydation gewährt auch der stahl- oder platinartige Überzug, welchen das Kupfer durch Eintauchen in eine siedende Lösung von Schwefelantimon- oder Schwefelnatrium erhält. Böttger, Materialien zu Versuchen für chemische und physikalische Vorlesungen. Frankfurt a. M. 1846 und von da

Ähnlich wie zum Sauerstoff ist auch das Verhalten der Metalle zum Schwefel. Die Verwandtschaft zu demselben ist bei den meisten noch bedeutender, als zum Sauerstoff. Die meisten Dryde werden durch Schwefelwasserstoff unter Bildung von Schwefelmetallen und Wasser zersetzt. Bei gewöhnlicher Temperatur, wo der Schwefel nur in festem Zustande vorkommt, verbinden sich jedoch nur wenige Metalle unmittelbar mit demselben, aber es gehören zu diesem mitunter gerade solche, welche, wie das Silber, nur sehr schwache Verwandtschaft zum Sauerstoff haben, während wieder andere elektronegative Metalle, wie Platin, Palladium, Rhodium weit weniger Verwandtschaft zum Schwefel besitzen. Silber und Kupfer zersetzen das Schwefelwasserstoffgas schon bei gewöhnlicher Temperatur, sie laufen von kleinen Mengen desselben in kurzer Zeit an, während weit leichter oxydierbare Metalle, wie Eisen viel weniger empfindlich dagegen sind. Die Schwefelverbindung bildet aber nur eine dünne Schichte auf dem Metall und schützt die innere Masse vor weiterem Angriff. Als sehr fein zertheiltes Pulver läßt sich im flüssigen Zustande das Quecksilber auch in Masse bei gewöhnlicher Temperatur durch anhaltendes Zusammenreiben damit in Verbindung bringen. Mit geschmolzenem Schwefel oder Schwefeldampf verbinden sich fast alle Metalle bei höherer Temperatur, namentlich in zerkleinerter Form, leicht und unter Feuererscheinung<sup>1)</sup>.

Von den Haloiden, mit Ausnahme des Cyans, werden die Metalle noch weit leichter und schneller, als von Sauerstoff und Schwefel, bei gewöhnlicher Temperatur angegriffen. Fein zertheiltes Kupfer oder Tombak, z. B. unächtes Blattgold, verbindet sich so lebhaft mit Chlorgas, daß die dabei erzeugte Hitze die Verbrennung auf einem ziemlich dicken Kupfer-, Antimon- oder Wismuthdraht oder auf eine dünne Stahlfeder unter glänzendem Funkensprühen überträgt.

Von ganz besonderem Interesse ist das Verhalten der verschiedenen Säuren zu den Metallen. Man verwandelt dieselben durch die Einwirkung der Säuren in auflöslliche Verbindungen, da gewöhnlich nur diese jene Reactionen liefern, an denen man ein fragliches Metall als solches erkennt; sie dienen ferner dazu, um gemengte Metalle zu scheiden, indem sich entweder nur das Eine in der Säure auflöst, während das Andere ungelöst zurückbleibt, oder indem sich das Eine aus der Auflösung niederschlagen läßt, während das Andere gelöst zurückbleibt. Oder man löst die Metalle in den verschiedenen Säuren, um die Salze dieser Säuren, oder durch Zersetzung derselben die Dryde oder Schwefelverbindungen der aufgelösten Metalle, oder andere (z. B. unauflöslliche) Salze dieser Metalle darzustellen. Die Säuren, welche die meisten Metalle in auflöslliche Verbindungen verwandeln, sind Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure und

Verhalten  
zum  
Schwefel,

zu den  
Haloiden.

Verhalten der  
Metalle zu  
anorganischen  
Säuren.

in mehreren technischen Journalen. — Über blaue und braune Eisenbronze s. illustrierte Gewerbezeitung 1847 S. 396.

1) Näheres über das Verhalten der Metalle zum Schwefel von Winkelsied vgl. in den Ann. der Pharm. 21. S. 34—40 oder pharm. Centralbl. 1837. S. 212—214.

das Gemenge beider letzteren, das Königswasser. Nur äußerst wenige Metalle sind in keiner dieser Säuren löslich und müssen dann in Fluorwasserstoffsäure oder einem Gemenge derselben, mit Salpetersäure, aufgelöst werden. Wo dadurch keine unauflöslichen Verbindungen entstehen und wo es nicht auf die Bildung eines bestimmten Salzes ankommt, wählt man von diesen Säuren die billigste, die Salzsäure, nach dieser die verdünnte oder nöthigenfalls die concentrirte Schwefelsäure, und wo keine von beiden hinreicht, die Salpetersäure, in welcher sich auch fast alle in den beiden vorigen löslichen Metalle auflösen. Die Leichtmetalle lösen sich meist in den schwächsten Säuren rasch auf, werden aber als solche zu Auflösungen nicht verwendet, da sie nur als Seltenheiten vorkommen, sondern bloß ihre Verbindungen, ihre Dryde.

Verhalten der  
Metalle zur  
Salzsäure,

In der Salzsäure lösen sich von den Schwermetallen die meisten der elektropositiven, mit Ausnahme von Osmium, Quecksilber, Kupfer und den edlen Metallen, von den elektronegativen aber bloß Antimon beim Kochen unter Entwicklung von Wasserstoffgas. Die ersteren lösen sich leicht und schon bei gewöhnlicher Temperatur, nur Wismuth, Kobalt und Nickel langsam und Blei auch beim Kochen nicht sehr rasch. Sehr schwierig zersetzt Silber die Salzsäure. Sie verwandelt die Metalle gewöhnlich nur in Verbindungen mit einem Äquivalent Chlor, mögen sie auch auf andere Weise noch höhere Verbindungen mit demselben einzugehen im Stande sein.

zu verdünnter  
Schwefelsäure,

Die verdünnte Schwefelsäure löst so ziemlich dieselben Metalle auf, wie die Salzsäure. Nur Wismuth wird davon nicht aufgelöst und das Blei wird, indem sein Dryd damit ein unauflösliches Salz bildet, bloß oberflächlich davon angegriffen. Die dünne Haut von unlöslichem Sulphat schützt dann die übrige Metallmasse vor aller weiteren Einwirkung der Säure. Hat zugleich Luft Zutritt, so löst die verdünnte Schwefelsäure, jedoch nur sehr langsam, auch Kupfer und Silber auf. Bei der Drydation der Metalle durch verdünnte Schwefelsäure nehmen sie in der Regel nicht mehr als ein Atom Sauerstoff auf, wenn sie auch unter andern Umständen höhere Drydationsstufen zu bilden vermögen.

zu concentrirter  
Schwefelsäure,

Die concentrirte Schwefelsäure wirkt meist nur bei höherer Temperatur auf die Metalle ein unter Entwicklung von schwefeliger Säure, während sich die noch unzersetzte Schwefelsäure mit dem gebildeten Metalloryd verbindet<sup>1)</sup>. Man bedient sich ihrer daher weniger zur Auflösung der Metalle im Allgemeinen, als zur Darstellung der Sulphate derjenigen Metalle, welche das Wasser der verdünnten Schwefelsäure nicht zu zersetzen vermögen und unter Mitwirkung der Luft von der verdünnten Säure zu langsam gelöst werden, wie Kupfer, Silber, Quecksilber, Wismuth, Tellur, Antimon und Molybdän. Auch Blei löst sich in concentrirter Schwefelsäure auf, wird aber durch Wasser daraus wieder als unlösliches Sulphat gefällt, da sich dieses nur in concentrirter Schwefelsäure löst. Die

1) Über die Einwirkung concentrirter Schwefelsäure auf Metalle vgl. Raoumiers Compt. rend. 23 S. 515—517; pharm. Centralbl. 1847. S. 25—26.

leicht oxydirbaren Metalle zerlegen die concentrirte Schwefelsäure bei gewöhnlicher Temperatur nur äußerst langsam, und die edlen Metalle, mit Ausnahme des Silbers, auch beim Erhitzen nicht. Das Eisen löst sich auch beim Erhitzen kaum darin auf. Es wird zwar in derselben schon bei gewöhnlicher Temperatur oberflächlich in Sulphat verwandelt, aber dieses ist in der concentrirten Säure nicht löslich und eine sehr dünne Schichte desselben hindert die weitere Einwirkung der Säure. Beim Kochen reißt sich die Schichte los und die Säure trübt sich von weißem schwefelsaurem Eisenoxydul, doch erfolgt auch hier die Einwirkung nur schwierig. Leichter und auch schon etwas bei gewöhnlicher Temperatur erfolgt die Auflösung des Zinks, weil sein Sulphat in concentrirter Schwefelsäure löslich ist. Ist die Schwefelsäure schwach verdünnt, so entwickelt das Eisen daraus Schwefelwasserstoffgas, indem bei gleichzeitiger Zersetzung von Schwefelsäure und Wasser die schweflige Säure durch Wasserstoff reducirt und dann in Schwefelwasserstoff verwandelt wird.

Das allgemeinste Drydations- und Auflösungsmittel für die Metalle ist die Salpetersäure, nur wenige widerstehen ihr, die entweder überhaupt nur eine äußerst geringe Verwandtschaft zum Sauerstoff haben, wie Gold, Platin und Rhodium und nach dem Glühen Osmium und Iridium, ebenso jene, deren Dryde sehr schwache Basen bilden, wie einige elektronegative Schwermetalle, Tantal und Titan und ein Erdmetall, das Zirkonium. Die Metalle, welche die Salzsäure und Schwefelsäure nur schwierig auflöst, werden von ihr mit Leichtigkeit gelöst. Nur das Thorium wird von Salzsäure leichter aufgelöst, als von Salpetersäure. Zinn und Antimon werden davon mit großer Hefigkeit oxydirt, aber die Salpetersäure läßt diese Dryde ungelöst. Letzteres damit abgedampft und geglüht oxydirt sich zu antimoniger Säure. Arsenit löst sich in Salpetersäure als arsenige Säure, beim Erhitzen als Arseniksäure. Die Stärke der Säure, Anwendung von Wärme und gleichzeitige Gegenwart von salpetriger Säure beschleunigen die Einwirkung derselben beträchtlich<sup>1)</sup>. Doch kann zu hohe Concentration der Salpetersäure sowohl, als eine größere Menge salpetriger Säure die Einwirkung geradezu aufheben. Taucht man Eisen in Salpetersäure von 1,5 specifischem Gewicht, oder in Salpetersäure oder eine andere Flüssigkeit, welche eine gewisse Menge salpetrige Säure enthält, so bleibt es nachher auch in verdünnter Salpetersäure völlig blank und unangegriffen (passives Eisen). Dieser passive Zustand kann bei kohlenstoffhaltigem Eisen (Stahl) eine Woche und länger dauern, reines Eisen wird aber bald wieder löslich (activ). Beim Erwärmen der Säure.

zu Salpetersäure.

1) Nach Millon (Ann. de Chim. et de Phys. 3<sup>me</sup> Sér. VI. 1842. Sept. S. 73—104; pharm. Centralbl. 1842. S. 895—903) greift reine (ganz von salpetriger Säure freie) Salpetersäure gar kein Metall an. Zuerst entstehen salpetrigsaure Salze, welche von der Salpetersäure zersetzt werden. Dadurch entsteht wieder Stickstoffoxyd — neues salpetrigsaures Salz u. s. f. Es sei darnach nicht mehr wunderbar, warum sich Platin in Salpetersäure auflöst, wenn es mit Silber legirt ist. Vgl. S. 16. 6.

von 1,5 löst es sich mit Hefigkeit, beim Erkalten aber hört wieder alle Einwirkung auf. Auch durch Berührung mit Platin und noch unter mehreren andern Umständen tritt der passive Zustand ein. (Näheres über diese noch unerklärte <sup>1)</sup> Erscheinung vgl. in Berzelius' Lehrbuch der Chemie. 5. Aufl. II. 1844. S. 699—704). Ein ähnliches Verhalten in letzterer Beziehung fand man später auch an andern Metallen, namentlich an Kupfer, Bismuth, Zinn und Arsenik, weniger am Zink (Ann. d. Pharm. 24. S. 34—35; pharm. Centralbl. 1838. S. 190).

In Salpetersäure von einer gewissen Verdünnung löst sich das Eisen ohne alle Gasentwicklung auf, indem Wasser und Säure in dem Verhältnisse zersetzt werden, daß sich aller Wasserstoff mit dem Stickstoff zu Ammoniak vereinigt. Auch die andern Wasser zersetzenden Metalle bilden bei der Auflösung in Salpetersäure Ammoniak, und um so mehr, je leichter sie ersteres zersetzen. Bei den Alkalimetallen bemerkt man dies nicht, weil sich durch die hohe Temperatur das salpetersaure Ammoniak sogleich wieder zersetzt.

Metalle, welche wie das Eisen oder Quecksilber mehrere Oxydationsstufen bilden, werden von kalter, verdünnter Salpetersäure als Oxydsalze gelöst, während erwärmte Säure Oxyduloryd und stärker erhitzte nur Oxyd enthält. Kupferoxydul wird aber schon in der Kälte davon in Oxyd verwandelt. Das Manganoryd hingegen ist eine so schwache Basis, daß es beim Auflösen in Salpetersäure in Oxydul und Hyperoxyd zerfällt, wovon sich das erstere auflöst, obgleich das Oxyd in manchen andern Säuren, wie Schwefelsäure, ohne Zersetzung auflöslich ist.

Verhalten  
zu Königs-  
wasser,

Die Metalle, welche von keiner der vorhergehenden Säuren angegriffen werden, müssen in Königswasser oder Fluorwasserstoffsäure aufgelöst werden. Das Königswasser löst indessen nur die wenigsten davon. Es ist das gewöhnliche Auflösungsmittel für Gold und Platin. Auch fein zertheiltes Titan löst sich darin, Rhodium nur, wenn es mit Platin, Kupfer, Bismuth oder Blei legirt ist, Chrom löst sich auch in kochendem Königswasser wenig, Tantal gar nicht und Osmium und Iridium nach dem Glühen ebenso wenig als in Salpetersäure. Das Molybdän dagegen löst sie leicht auf, obgleich es von Fluorwasserstoffsäure nicht angegriffen wird. Das Silber wird zwar von Königswasser aufgelöst, aber beim Verdünnen mit Wasser wieder daraus gefällt, weil Chlor Silber nur in einem Ueberschuß von concentrirter, nicht aber von verdünnter Sal- und Salpetersäure auflöslich ist. Metalle, welche mit Chlor mehrere Verbindungsstufen bilden, wie Eisen, Zinn, Quecksilber, lösen sich im Königswasser als Chloride, während sie mit der Salzsäure bloß Chlorüre bilden oder gar nicht davon angegriffen werden, wie das Quecksilber. Arsenik verhält sich zum Königswasser fast wie zur Salpetersäure, es wird bei gewöhnlicher Tempe-

1) Vgl. Faraday, London and Edinb. phil. Journ. July 1836. S. 57—65. Aug. S. 122; Schönbein in Poggendorff's Ann. 39. S. 137—141 u. 330—350 und von da pharm. Centralbl. 1836. S. 663—668, 889—891 u. 1837 S. 262—264.

ratur als arsenige Säure, bei höherer anfangs zum Theil, später vollständig als Arsenikflüßsäure gelöst, Antimon dagegen löst sich wie die meisten übrigen Metalle als Chlorid.

In Fluorwasserstoffsäure lösen sich die meisten Metalle auf, man bedient sich derselben jedoch nur für diejenigen, welche sich in den angeführten Säuren nicht auflösen, wie Tantal und Titan. Letzteres löst sich indessen nur in einem Gemenge von Fluorwasserstoffsäure mit Salpetersäure. Auch Chrom ist fast nur in Fluorwasserstoffsäure löslich, da es selbst von kochendem Königswasser sehr wenig gelöst wird. Thorium dagegen wird von Salzsäure leichter aufgelöst als von Fluorwasserstoffsäure. Vanadium und Nihbbän werden davon gar nicht angegriffen, während sie sich in Salpetersäure und Königswasser ganz leicht auflösen<sup>1)</sup>.

Von geringerer Wichtigkeit ist das Verhalten der Metalle zu den organischen Säuren, da man die Salze dieser Säuren weit leichter erhält, wenn man die Dryde, als wenn man die Metalle selbst mit den Säuren zusammenbringt. Noch viel weniger aber werden dieselben wie die anorganischen Säuren zur Herstellung von Dryden oder andern Metallverbindungen benutzt. Die Berührung, in welche die Metalle mit den organischen Säuren kommen, ist fast immer nur zufällig und blos insofern der Berücksichtigung werth, als dabei Metallgeräthe durch Rost beschädigt, oder Flüssigkeiten, welche Pflanzensäuren enthalten (gewöhnlich Nahrungsmittel), durch Metallgehalt verunreinigt und beim Genuße der Gesundheit schädlich werden können. Übrigens sind auch die über diesen Gegenstand gesammelten Erfahrungen äußerst mangelhaft.

Die organischen Säuren, welche hier in Betracht kommen, sind solche, welche zu den stärkeren gehören und häufig vorkommen, wie Essig-, Wein-, Oxal-, Citronen- und Apfelsäure und die Fettsäuren oder die Fette. Sie wirken mit Ausnahme der Fettsäuren ganz in derselben Weise wie die anorganischen Säuren, nur mit weit geringerer Heftigkeit, auf die unedlen Metalle ein — denn von den edlen wird kein Einiges durch diese Säuren angegriffen — d. h. die das Wasser zersetzenden, besonders Zink und Eisen oxydiren sich auf Kosten des Wassers unter Entwicklung von Wasserstoffgas, und die, welche das Wasser unter Mitwirkung nicht zu zersetzen vermögen, wie das Kupfer, oxydiren sich durch organische Säuren lediglich bei Zutritt der Luft.

Die Auflösung oder Drydation der Ersteren wird daher, wie die meisten chemischen Prozesse, durch Erwärmung beschleunigt, oder findet, wie bei den schwächeren Säuren, ohne Erwärmung gar nicht statt. Die, welche das Wasser nicht zersetzen, können sich nur durch den Sauerstoff der Luft oxydiren, sie werden daher bei stärkerem Erhitzen, wodurch die atmosphärische Luft aus der Flüssigkeit verdrängt wird, weit weniger von diesen

1) Vgl. auch Fordos und Gélis, über die Reaction einiger Säuren und besonders der schwefligsten Säure auf Metalle, Journ. de Pharm. et de Chim. Oct. 1843. S. 245; Erdmann's Journ. f. prakt. Chem. 31. S. 402—417.



Säuren angegriffen, als bei gewöhnlicher Temperatur, weil sich diese Säuren bei höherer Temperatur leicht zersetzen, aber trotz dieser leichten Zersetzbarkeit nicht, wie z. B. die Schwefelsäure, freien Sauerstoff an das Metall abtreten, sondern nur anders zusammengesetzte Zersetzungsprodukte erzeugen, welche sich verflüchtigen, während der gewöhnlich zurückbleibende Kohlenstoff sogar noch reducirend auf etwa vorhandenes Oxyd einwirkt. Es werden daher viele sonst sehr schwierig reducirbare Metalle durch bloßes Erhitzen ihrer organischsauren Salze reducirt.

Durch unmittelbare gegenseitige Berührung zweier Metalle wird vermöge galvanischen Processes die Verwandtschaft des electropositiven Metalls zu den organischen Säuren wie zu electronegativen Stoffen überhaupt beträchtlich erhöht, die des electronegativen Metalles aber in demselben Maße vermindert oder aufgehoben.

Ganz ähnlich verhalten sich außer den Metallen noch andere Stoffe, indem dieselben entweder als electropositive oder electronegative Glieder mit dem fraglichen Metall in elektrische Spannung treten, wenn sie auch sonst ganz indifferente Substanzen sind und nicht mit in die Verbindung eintreten. Die Einwirkung der organischen Säuren wird daher durch Salze (s. S. 167) eingeleitet oder erhöht, durch Zucker dagegen geschwächt oder ganz verhindert. Daraus erklärt sich auch, warum sich manche Metalle, obgleich sie Wasser zersetzen, bei Luftabschluß in schwachen organischen Säuren nicht oxydiren, bei Luftzutritt aber wenigstens rascher, als bei Gegenwart von bloßem Wasser ohne Säure.

Die meisten organischen Säuren oxydiren die Metalle auch vermöge der Schwerlöslichkeit der entstehenden Salze nur äußerst langsam vollständig.

Was die einzelnen Säuren angeht, so löst die Essigsäure, welche meist auflöslliche Salze bildet, das Zink leicht, das Eisen bei gewöhnlicher Temperatur langsamer, leicht aber beim Erwärmen; langsam Blei, Zinn und Wismuth, bei Luftzutritt das Kupfer ziemlich leicht, die übrigen fast gar nicht. Ähnlich verhält sich die Weinsäure und Oxalsäure; letztere zerfrisst auch Kobalt und Nickel, womit sie unauflöslliche Salze bildet. Zink und Eisen und, bei Luftzutritt, Kupfer werden von Citronen- und Apfelsäure ziemlich leicht oxydirt.

Verhalten zu  
Fetten,

Eigenthümlich ist das Verhalten des Kupfers und Eisens zu den Säuren der Fette. Während das Kupfer ganz in verdünnter Schwefelsäure oder in Salzsäure untergetaucht, sowohl in gewöhnlicher Temperatur als beim Kochen, völlig unverändert bleibt, färbt es, ganz oder zum Theil unter Fett gebracht, durch Auflösung von fettsaurem Kupferoxyd, eine große Menge Fett, oder wenn dasselbe eine feste Masse bildet, wenigstens seine nächste Umgebung bei gewöhnlicher Temperatur in kurzer Zeit intensiv grün<sup>1)</sup>. Kochendes Fett läßt es unverändert. Das Eisen hingegen,

1) Man benützt die tiefe Färbung des Fettes durch Kupfer zuweilen zur Entdeckung eines Kupfergehalts im Branntwein, worin eine sehr geringe Menge Kupfer nicht immer so leicht zu entdecken ist. Man legt nämlich ein kleines Stück

welches, wenigstens bei Luftzutritt, durch die schwächsten organischen Säuren angegriffen wird, kann durch einen kaum sichtbaren Fettüberzug selbst in der feuchtesten Luft vor Drydation geschützt werden. Eben so wenig wird es von kochendem Fett angegriffen.

Olivenöl, in Zinkgefäßen aufbewahrt, löst nach Aubouard's Versuchen selbst in der Kälte ziemlich viel Zink auf. Arsenikmetall wird nach Reinsch von Öl beim Kochen zum Theil in arsenige Säure verwandelt und als solche aufgelöst, ohne Entwicklung von Arsenikwasserstoffgas; Antimon wird nicht angegriffen. Von Blei löst kochendes Olivenöl, nach meinen Beobachtungen, kaum nachweisbare<sup>1)</sup> Spuren, von Zinn gar nichts auf.

Nur wenige von den Metallen, welche das Wasser nicht ohne Mitwirkung von Luft oder Säuren, oder unter keiner Bedingung zu zersetzen vermögen, zersetzen es unter Einwirkung der Alkalien, wenn sie damit auf trockenem Wege erhitzt oder mit ihren Auflösungen erwärmt werden. Auch im ersteren Falle oxydiren sie sich nicht durch den Sauerstoff der Alkalien selbst, sondern durch den ihres Hydratwassers.

Die Metalle der Erden werden von den Auflösungen der freien Alkalien und beim Zusammenschmelzen, sowohl mit diesen, als mit den kohlensauren Alkalien, oxydirt, Beryllium auch von den Auflösungen der letzteren. Bloss Thorium und Yttrium werden auf nassem Wege von den Alkalien nicht gelöst, nur in kohlensaurem Ammoniak löst sich das letztere. Aluminium löst sich in Ammoniakflüssigkeit als Thonerde, obgleich von schon fertiger Thonerde nur Spuren davon aufgenommen werden.

Tellur bildet mit Kali auf nassem und trockenem Wege tellurigsaures Kali und Tellurkalium. Platin, Iridium und Tantal werden nur auf trockenem Wege von Alkalien oxydirt<sup>2)</sup>, Zinn, Zink, Blei und Arsenik nur auf nassem Wege oxydirt und aufgelöst.

Kupfer löst sich in Ammoniakflüssigkeit auf, aber nur, wenn es Gelegenheit hat, Sauerstoff und Kohlensäure aus der Luft anzuziehen, um mit dem Ammoniak ein Doppelsalz zu bilden. Wasser wird hierbei nicht zersetzt, denn in einem verschlossenen Gefäße entfärbt sich die blaue Flüssigkeit bald, wenn noch unaufgelöstes Kupfer vorhanden ist, weil sich dann letzteres mit dem schon gebildeten Dryd in den Sauerstoff theilt und nebst diesem in Drydul übergeht. Glühendes oder geschmolzenes Kupfer erleidet (nach Schrötter) durch Ammoniakgas keine Veränderung.

Hat das Dryd eines Metalls keine Neigung, sich mit dem Alkali zu

---

Butter in eine größere Menge Brantwein. War derselbe kupferhaltig, so ist die Butter von aufgenommenem Kupferoxyd gewöhnlich nach 24 bis 48 Stunden grünlich geworden.

1) Das mit Blei- und Zinnfeilspänen längere Zeit gekochte Öl wurde filtrirt, mit angesäuertem Wasser gekocht und die vom Öl abfiltrirte Flüssigkeit mit den gewöhnlichen Reagentien geprüft.

2) In sehr kleiner Menge werden aber wohl noch manche andere Metalle von schmelzendem Kali oxydirt, wenigstens hat dies Ebonnew bereits vom Kupfer und Silber nachgewiesen. Journ. f. pr. Chem. 28. S. 217.

vereinigen, so hindert letzteres sogar die Drydation desselben in lufthaltigem Wasser oder feuchter Luft, indem es als elektropositiver Körper die Negativität des Metalls erhöht. So wird z. B. das Eisen vor Rost geschützt, wenn man es in Alkalilösung taucht oder damit bestreicht.

Verhalten zu  
Salzen auf  
nassem Wege.

Wenn die Metalle in Wasser oder feuchter Luft mit Salzen zusammenkommen, so verbinden sie sich weit schneller mit Sauerstoff und andern Nichtmetallen, als wenn sie mit reinem Wasser in Berührung stehen. Sie zersetzen theils diese Salze selbst und verbinden sich mit den negativen Bestandtheilen derselben, wenn sie größere Verwandtschaft dazu haben, oder sie oxydiren sich durch den Sauerstoff des Wassers und der Luft, theilen sich dann als Dryde mit der Basis des Salzes in dessen Säure oder Haloid und bilden basische Salze, oder sie lassen das Salz ganz unverändert. Das die Drydation begünstigende Salz spielt dann blos die Rolle eines negativen Volta'schen Elements, während das Metall als positives auftritt. Zink und Eisen bedecken sich in Auflösungen von Kochsalz, Salpeter, Salmiak<sup>1)</sup> u. in wenig Tagen mit einer reichlichen Menge von Drydhydrat oder basischem Salz. Legt man ein Stück Eisen in eine der Luft ausgesetzte Lösung von schwefelsaurem Natron, so daß es davon bedeckt wird, so entsteht schwefelsaures Eisenoxydul, welches jedoch durch das frei gewordene Natron sogleich wieder zersetzt wird, so daß Eisenoxydulhydrat niedersinkt, welches sich später in Drydhydrat verwandelt, während schwefelsaures Natron in Auflösung bleibt. Taucht man dagegen das Eisen nur theilweise in die Lösung, so entsteht schwefelsaures Eisenoxydul, welches aufgelöst bleibt, während das Natron unter Anziehung von Kohlensäure aus der Luft sich auf dem nicht eingetauchten Theile des Eisens ablagert. Der nicht eingetauchte Theil des Eisens scheint mit einer hygrometrischen Wasserschicht bedeckt den negativen, der eingetauchte und vom Salze angegriffene Theil aber den positiven Pol einer Volta'schen Säule dabei zu bilden<sup>2)</sup>.

Von den in dieser Beziehung mit Kochsalz untersuchten<sup>3)</sup> Metallen bilden Zink, Guß- und Schmiedeeisen, Kupfer und Messing unter Kochsalzauflösung sowohl bei gewöhnlicher Temperatur, als beim Kochen, oder damit besprengt, an der Luft theils unauflösliche basische, theils lösliche Chloride oder beide zugleich. Zinn allein wurde blos beim Besprengen, aber erst nach etwa 8 Tagen, Silber gar nicht angegriffen. Dagegen löst<sup>4)</sup> doppeltchwefelsaures, neutrales weinsaures Kali, Alaun und essigsaures Kali beim Kochen das Zinn als Drydul, der Salmiak dagegen als Dryd auf,

1) Vgl. Frickinger, über die Einwirkung des Salmiaks auf metallisches Eisen in Buchner's Repertorium der Pharmacie 2. Reihe 41. S. 158—168; im Auszug pharm. Centralbl. 1846. S. 122—123.

2) Vgl. Berquerel, Compt. rend. 22. S. 1065—1068; pharm. Centralbl. 1846. S. 778.

3) Unger, Journ. f. prakt. Chem. 7. S. 297—304; oder pharm. Centralbl. 1836. S. 790—794.

4) Cludius, Journ. f. prakt. Chem. 9. S. 161; oder pharm. Centralbl. 1837. S. 127.

während es einfach schwefelsaures und salpetersaures Kali, schwefelsaures Natron und schwefelsaure Magnesia unverändert lassen.

Zink löst sich in Schwefelsäure anfangs weit langsamer auf, als später, wo die Flüssigkeit eine gewisse Menge von schwefelsaurem Zinkoryd gelöst enthält. Die Auflösung desselben in 10fache mit Wasser verdünnter Schwefelsäure findet, wenn letztere einmal rein, das andere Mal mit verschiedenen Salzen versetzt ist, in folgenden Mengenverhältnissen des Zinks statt<sup>1)</sup>: in reiner Schwefelsäure 1, mit Platinchlorid 149, mit arseniger Säure 123, mit schwefelsaurem Kupferoryd 45, mit Brechweinstein 29, mit schwefelsaurem Silberoryd 2,4. Auch die Salze anderer Schwermetalle beschleunigen die Auflösung, jedoch in geringerem Grade. Die Menge des aufgelösten Salzes ist gleichfalls von Einfluß. So beschleunigt eine 10fache Menge Platinchlorid die Auflösung fast ums 3fache. Ähnlich verhalten sich andere Metalle und andere Säuren. Selbst schwache Pflanzensäuren, welche sonst die Metalle fast nicht angreifen, können durch manche Salze zum Auflösen gebracht werden, wie Citronensäure durch schwefelsaures Kupferoryd und arsenige Säure.

Ganz besonders zeichnet sich das chlorsaure Kali durch seine oxydirende Wirkung auf Metalle aus. Eisen und Zink oxydiren sich in einer Auflösung desselben in kurzer Zeit. Das chlorsaure Kali wird dabei vollständig in Chlorkalium verwandelt.

Eisenchlorid- und Eisenorydsalzlösungen lösen nicht bloß Eisen auf, (um sich in Drydul zu verwandeln, weil dieses eine weit kräftigere Basis als das Dryd ist), sondern auch andere Metalle, wie Zink, Zinn, Blei, Bismuth, Kupfer, Kobalt, Nickel, Arsenik und Antimon. Silber wird bloß von schwefelsaurem Eisenoryd und Gold nur in Chlorid aufgelöst<sup>2)</sup>. Diese Eigenschaft, weniger oxydirbare Metalle in kleiner Menge aufzulösen, scheint übrigens mehreren neutralen Metallsalzlösungen zukommen. So löst auch das salpetersaure Kupferoryd etwas Silber, das essigsaure und salpetersaure Zinkoryd Blei auf<sup>3)</sup>.

Auch Cyankalium, in geringerem Grade Kaliumeisencyanür lösen die Metalle, selbst edle, wie Gold und Silber, namentlich beim Kochen mit Leichtigkeit auf. Eisen, Kupfer, Zink und Nickel zersetzen dabei Wasser, während sich Gold, Silber und Cadmium aus der Luft oxydiren. Das Dryd scheint das Cyankalium theilweise zu zersetzen, um ein Doppelschnefsalz zu bilden. Platin, Quecksilber und Zinn lösen sich darin nicht auf<sup>4)</sup>.

1) Millon, Compt. rend. 21. S. 202—209; pharm. Centralbl. 1846. S. 187—190.

2) Vogel, Journ. f. prakt. Chem. 20. S. 362—366 und Repier, Edinb. & Dubl. philos. Mag. 1844. May. S. 365—370; pharm. Centralbl. 1840. S. 609—611 und 1844. S. 520—522.

3) Fischer, Poggendorff's Ann. 68. S. 571—574; pharm. Centralbl. 1846. S. 814.

4) Esfner, Journ. f. prakt. Chem. 37. S. 441—446; pharm. Centralbl. 1846. S. 653.

Verhalten zu  
Salzen  
auf trockenem  
Wege.

Die Veränderungen, welche die Metalle durch die Einwirkung der Salze auf trockenem Wege erleiden, sind noch wenig untersucht, doch scheinen dieselben beim Erhitzen im Ganzen wenig Einfluß auf die Metalle zu haben, etwa gewisse saure Salze ausgenommen, welche dabei ein Atom ihrer Säure abgeben, ferner die salpetersauren und chlorsauren Salze, welche bei ihrer Zersetzung in der Hitze den Sauerstoff der Salpetersäure auf die Metalle übertragen. Diese werden dadurch zu so kräftigen Oxydationsmitteln, daß man sie zur Oxydation des geglühten Iridium und Osmium benutzen kann, welche auf nassem Wege allen Säuren widerstehen. Eisen wird davon zu Eisensäure ( $\text{Fe}$ ) oxydirt. Zink wird durch Zusammenschmelzen mit saurem phosphorsaurem Natron (wie mit freier Phosphorsäure) unter Bildung von Phosphor oxydirt <sup>1)</sup>.

Die löslichen und schmelzbaren kohlensauren Salze (die kohlensauren Alkalien) verhalten sich, namentlich auf trockenem Wege, wie die freien Alkalien; auf nassem Wege jedoch mehr indifferent. (Vgl. auch S. 165).

Die in Wasser löslichen Schwefelmetalle (oder die alkalischen) verwandeln die Metalle, welche eine große Verwandtschaft zum Schwefel besitzen, wie Kupfer, Silber, oberflächlich in Schwefelmetalle, auf die übrigen wirken sie nur dann ein, und zwar oxydirend, wenn sie an der Luft allmählig in unterschwefligsaure und schwefelsaure Salze übergehen, wie z. B. das Schwefelkalium, welches beim Abbrennen des Schießpulvers entsteht und in den Flintenläufen zurückbleibt.

Verbindungen  
der Me-  
talle unter  
sich.

Die Metalle verbinden sich unter einander selbst, entweder nach bestimmten Verhältnissen, oder sie bilden bloße Zusammenschmelzungen, sogenannte Legirungen. Die Verbindungen des Quecksilbers mit andern Metallen heißen Amalgam, Quecksilbermetall oder Quicksilber <sup>2)</sup>.

Metall-  
mischungen.

Erfstere scheinen zwischen den meisten Metallen stattzufinden, obgleich es noch nicht überall gelungen ist, das von dem einen Metalle überschüssig Zugesezte abzuschneiden.

Die Metalle, welche Säuren bilden, haben eine besondere Neigung, sich mit denen zu verbinden, welche Basen bilden, und zwar um so mehr, je stärker die Säure oder Basis ist, welche aus dem jedesmaligen Metalle entsteht. Arsen, Antimon und Tellur bilden mit den übrigen Metallen Verbindungen, welche den Schwefel-, Selen- oder Phosphormetallen ähnlich sind und in der Natur auch nicht selten in Verbindung mit Schwefelmetallen vorkommen.

Die meisten dieser Verbindungen sind nach denselben Verhältnissen zusammengesetzt, in denen sich die Metalle mit Sauerstoff und Schwefel vereinigen, so daß sie durch Oxydation in arseniksaure, antimonisaure Salze u. übergehen.

1) Über die Bildung kleiner Mengen von Chloriden beim Erhitzen des Silbers und Kupfers mit geschmolzenem Kochsalz vgl. Rose in Poggendorff's Ann. Ch. 283—291; pharm. Centralbl. 1846. S. 666—667.

2) Die Operation des Amalgamirens heißt Verquickung oder Amalgamation.

Alle diese Verbindungen der Metalle unter sich finden unter Temperaturerhöhung statt. Wenn man geschmolzenes Kupfer mit so viel geschmolzenem Zink, als zur Bildung von Messing hinreicht, auf einmal zusammenmischt, so erhitzen sie sich so stark, daß ein Theil der Mischung umhergeschleudert wird. Noch stärker und oft von Lichterscheinung begleitet ist die Erhitzung bei der Verbindung von Antimon, Blei, Zinn, Zink und Cadmium mit Platin. Ein in Platinfolie gewickeltes schrottkorngroßes Stück Zink oder Cadmium verpufft, wenn man es über einer Beingeistlampe erhitzt<sup>1)</sup>.

Es kommen mehrere dieser Verbindungen im Mineralreiche vor, wie Vorkommen. Arsenitglanz (Arsenikwismuth), Kupfernickel (Arseniknickel), Speiskobalt (Arsenikkobalt), Glanzarsenitkies (Arsenikseifen), Tellurwismuth, Schrifsterz (Tellur mit Gold und Silber), Weißtellurerz (Tellur mit Gold, Blei und Silber), Tellurblei (Tellur mit Blei, Gold etwas Kupfer und Silber), Osmiumiridium, Platinerz (Platin mit Gold und Palladium, oder mit Eisen, nebst etwas Kupfer, Iridium, Rhodium, Palladium und Osmium, zum Theil auch mit Chrom und Titan), mehrere Goldsilberverbindungen und natürliches Amalgam (Silberquecksilber).

Um die Metalkmischungen so viel wie möglich nach bestimmten Ver- Darstellung.hältnissen rein zu erhalten, bedient man sich entweder der Krystallisationsfähigkeit der Verbindung, oder, in einigen Fällen, der größeren Flüchtigkeit oder Schmelzbarkeit des einen Bestandtheils, welchen man dann in Ueberschuß zusetzt. Man kann die Metalle zwar in beliebigen Verhältnissen zusammenschmelzen, etwa wie man Alkohol und Wasser, oder Wachs und Talg mengt, wobei sie nachher zusammen erstarren. Allein man hat beobachtet, daß das Thermometer beim Erkalten solcher Gemenge, nachdem es eine Weile gesunken war, eine Zeit lang stationär blieb, dann wieder sank und erst beim Erstarren der ganzen Masse wieder stehen blieb, was offenbar von der Ausscheidung einer schwerer schmelzbaren Verbindung herrührt, deren Wärme auf den noch flüssigen Antheil übergeht, während das zuletzt Erstarrte wieder eine andere Verbindung war.

Um Legirungen von Metallen herzustellen, welche eine verschiedene Schmelzbarkeit besigen, erhitzt man das schwerer schmelzbare Metall zuerst im Schmelztiigel zum Schmelzen, oder wenigstens zum Weichwerden, weil sich sonst das eine leicht oxydirt oder verflüchtigt, bis das andere schmilzt.

Wenn die zusammengeschmolzenen Metalle bei sehr verschiedenen Temperaturen erstarren, so kann man das leichter flüssige nach dem Erstarren des schwerer schmelzbaren abfließen lassen. Diese Operation wird zuweilen im Großen zur Scheidung gemischter Metalle angewendet und heißt Saigerung. Scheidung  
der  
Legirungen.

Wo die Scheidung nicht mittelst der Saigerung zu Stande kommt, gelingt sie oft durch Verflüchtigung des einen Metalles oder durch Zusammenschmelzen mit einem andern Metalle, gewöhnlich aber nur durch Auflösung und Cämentation (nasse Scheidung).

1) Vgl. Böttger im pharm. Centralbl. 1838 S. 128.

Eigenschaften.  
Specifisches  
Gewicht.

Bei der Verbindung der Metalle unter sich findet gewöhnlich eine Volumveränderung statt. Bei nachstehenden Verbindungen erfolgt eine Verdichtung: Gold mit Silber, Blei, Wismuth und Zink; Silber mit Kupfer, Blei, Zinn, Wismuth, Zink und Antimon; Quecksilber mit Zinn und Blei; Wismuth mit Antimon. Das specifische Gewicht dieser Gemische ist daher größer, als es die Rechnung ergibt. Manche dagegen dehnen sich aus wie Gold mit Kupfer, Eisen und Zinn; Platin mit Kupfer; Eisen mit Antimon, Wismuth und Zink; Kupfer mit Blei; Zinn mit Zink, Blei und Antimon; Zink mit Antimon; Quecksilber mit Wismuth; Kupfer und Wismuth behalten ihre Dichtigkeit beim Zusammenschmelzen unverändert.

Glanz und  
Farbe.

Die Metallgemische zeigen ohne Ausnahme Metallglanz. Die Farbe derselben ist theils eine Mischung aus den Farben ihrer Bestandtheile, theils zeigen sie aber auch ganz andere Farben, als man nach der Farbe der gemischten Metalle erwarten sollte. So gibt Kupfer mit 30% Zink eine gelbe Mischung — das Messing — und mit 20—25% Zinn eine gelblich graue — die Glockenspeife. Eine Legirung von 10 Th. Kupfer mit 3 Th. Nickel, oder bei Zusatz von Zink auch noch bei weniger Nickel (Neusilber) ist silberweiß. Das graue Arsenik, sowie das Kupfer, erhöhen die Weiße des Zinns. Gleiche Theile Kupfer und Arsenik geben eine silberähnliche Legirung (Weißkupfer), ebenso Kupfer mit Mangan. Gleiche Theile Nickel und Platin bilden eine bläugelige Legirung. Der Bodensatz in den Häfen der Blaufarbenöfen (Speife), eine Verbindung von Arsenik mit Nickel ( $Ni_3As_2$ ), ist graulich gelb, eine andere natürlich vorkommende Verbindung ( $NiAs$ ), welche auch daher den Namen Kupfernickel führt, ist kupferroth. Eine Mischung von 3 Th. Gold mit 1 Th. Silber (18karätiges Gold) sieht grünlich aus; Nickel gibt mit Antimon, und Kobalt mit Zinn violette Legirungen.

Härte und  
Sprödigkeit.

Die Härte der Legirungen ist meistens größer, als die der einzelnen Metalle, aber auch ihre Sprödigkeit ist bedeutender. Manche dagegen sind noch dehnbarer, als die reinen Metalle. Eine Mischung von 12 Theilen Blei mit 1 Th. Zink ist noch einmal so zäh, als reines Zink. Oft reicht schon der Zusatz einer sehr kleinen Menge eines Metalls zur Veränderung der Dehnbarkeit hin. Zink und Antimon geben (auch noch bei gleichen Theilen) ein dehnbares Gemisch, welches aber sehr spröde ausfällt, wenn das Zinn nur einige Procente Blei enthält. Übrigens haben, wie bei den reinen Metallen, so auch bei den Legirungen außerdem noch gewisse Umstände einen besondern Einfluß auf die Härte und Dehnbarkeit. So wie z. B. eine schnelle Abkühlung nach dem Glühen das Eisen hart und spröde, das Kupfer dagegen weich und dehnbar macht, so wird eine Legirung aus 78 Kupfer und 22 Zinn, woraus die Metallbecken (Gonggong) der Chinesen bestehen, durch allmähliges Abkühlen nach dem Rothglühen spröde, durch schnelles aber biegsam und hämmerbar. Dabei ist der Bruch im ersten Falle zinnweiß, im letzteren gelb.

Magnetis-  
mus.

Manche Legirungen sind magnetisch, wie z. B. das Messing (Sturgeon und Cavallo), Legirungen aus Kupfer und Silber, Kupfer und Gold u.

auch wenn die verbundenen Metalle chemisch rein waren. Dagegen zeigt eine Legirung aus gleichen Theilen Eisen und Zink wenig, und eine aus  $\frac{1}{2}$  Eisen und  $\frac{1}{2}$  Zink gar keinen Magnetismus. Auch Antimon wirkt wie Zink (Sturgeon).

Die Legirungen sind fast ohne Ausnahme leichter schmelzbar, als die Metalle, aus denen sie bestehen; sie werden daher vorzüglich zum Löthen benutzt. So schmilzt z. B. das Rose'sche Metallgemisch (2 Th. Wismuth, 1 Blei, 1 Zinn) schon in kochendem Wasser. Dies beruht auf der Ausdehnung solcher Metallgemische bei ihrer Verbindung und der damit zusammenhängenden Bindung von Wärme').

Über das Verhalten zu Salz und besonders zu organischen Säuren sind einige Versuche in Bezug auf das Neusilber angestellt worden. Taubert fand, daß sich Kochsalz gegen Neusilber indifferent verhält, Essig und Äpfelsaft dagegen vorzugsweise dessen Nickel und Zink, weniger das Kupfer angreifen. Nach Badenroder gaben verschiedene Neusilberforten (Theelöffel) 3, 6, 8 und 18 Hundertelgran Kupfer in 24—33 Stunden an 3 Unzen gewöhnlichen Essig ab, versilbertes Messing  $\frac{1}{100}$ , versilbertes Kupfer  $\frac{3}{100}$ , 12löthiges Silber  $\frac{1}{100}$ .

Zu den Fetten verhalten sich die Legirungen, welche Kupfer zum Hauptbestandtheil haben, z. B. Messing, Bronze u. dgl., wie freies Kupfer.

Die Metallmischungen oxydiren sich leichter, als die reinen Metalle, was von der Verwandtschaft ihrer Dryde, sich als solche mit einander zu verbinden, herzurühren scheint. Ein zum Glühen erhitztes Gemisch von Zinn und Blei entzündet sich und brennt fort wie Torf. Ein Amalgam von Kalium und Quecksilber verwandelt sich unter gewissen Umständen in Kali und Quecksilberoryd.

Vermöge der großen Verwandtschaft der Metalle zum Sauerstoff sind die Dryde derselben unter allen ihren Verbindungen am meisten in der Natur verbreitet. Bei weitem der größte Theil aller Mineralien sind Dryde, theils im freien Zustande, theils an Säuren gebunden.

Im freien Zustande oder nur an Wasser gebunden (als Hydrate) kommen folgende Dryde in der Natur vor, nämlich Brucit (Talkerdehydrat), Corund und Schmirgel (Thonerde), Gibbsit (Thonerdehydrat), Rotheisenerz (Eisenerz), Brauneisenerz (Eisenerzhydrat), Magneteisenstein (Eisenerzorydul), Pyrolusit (Manganhyperoryd), Braunit (Manganoryd), Manganit (Manganorydhydrat), Psilomelan (Manganhyperoryd mit Manganorydul), Hausmannit (Manganorydorydul), Uranpfecherz (Uranorydul), Uranocker (Uranoryd), Erbkobalt (Kobaltoryd), Rothzinkerz (durch Eisenerz roth gefärbtes Zinkoryd), Zinnstein (Zinnoryd), Mennig (Bleioryd-

1) Vgl. auch Person, Lösung eines Problems über das Schmelzen der Legirungen. Compt. rend. 23. S. 626; Poggendorff's Ann. d. Phys. u. Chem. 70. 1847. S. 388.



hyperoryd), Bismuthoxyd (Bismuthoryd), Rothkupferoxyd (Kupferorydul), Kupferschwarze (Kupferoryd), Weißspieglanzeryd (Antimonoryd), Antimonoxyd (antimonige Säure mit Wasser), Rutil und Anatas (Titansäure), Wolframoxyd (Wolframsäure), Molybdänoxyd (Molybdänsäure), Chromoxyd (Chromoryd) und Arsenikblüte (arsenige Säure).

Darstellung.

Das gewöhnlichste Mittel, ein Metall in ein Dryd zu verwandeln, ist, ein auflösliches Salz desselben, welches entweder natürlich vorkommt, oder durch Auflösen des Metalls in einer Sauerstoffsäure, oder in Chlorwasserstoffsäure erhalten werden kann, durch die Auflösung eines Alkali zu zersetzen. Die Säure bildet mit dem Alkali ein auflösliches Salz und das Metalloryd wird als Niederschlag abgeschieden, gewöhnlich aber in Verbindung mit Wasser als Hydrat, wovon man es durch Erhitzen befreit. Die auflöslichen Dryde, wie die Alkalien und alkalischen Erden, erhält man durch Zersetzung ihrer Salze. Kocht man z. B. die Auflösungen der alkalischen Carbonate mit Kalk, so bildet derselbe mit der Kohlensäure eine unauflösliche Verbindung, während das Dryd das Alkali — im freien Zustande in Auflösung bleibt. Auch die alkalischen Erden erhält man gewöhnlich aus ihren Carbonaten, aber auf trockenem Wege durch Glühen; die Kohlensäure entweicht und das Dryd — die alkalische Erde bleibt im freien Zustande zurück. Ebenso lassen sich auch die Dryde vieler Schwermetalle durch bloßes Erhitzen ihrer Carbonate darstellen.

Zur Drydation der Metalle durch Auflösung in Säuren wählt man die Säure, in welcher es sich am leichtesten lösen läßt, oder unter sonst gleichen Umständen die billigste.

Auf trockenem Wege oxydirt man auch mehrere Metalle durch Erhitzen mit Salpeter (salpetersaurem Kali) oder chloresurem Kali, besonders solche, welche sich nicht oder nur schwierig in Säuren lösen. Das Salz wird in der Hitze zersetzt und die frei gewordene Säure gleichfalls, indem deren Sauerstoff das Metall oxydirt. Da diese Drydation gewaltsam geschieht, so setzt man; wo jeder Verlust durch Umhersprizen vermieden werden soll, dem Gemenge des zerkleinerten Metalls mit salpeter- oder chloresurem Kali die 12—20fache Gewichtsmenge kohlensaures Alkali zu. Wo es auf einen kleinen Verlust nicht ankommt, wirft man das bloße Gemenge des Metalls mit Salpeter nach und nach in kleinen Portionen in einen Tiegel, dessen Boden bis zum Glühen erhitzt ist. Metalle, welche Säuren bilden, wie Arsenik, verbinden sich dabei mit dem Kali des zersetzten Salpeters.

Manche Metalle können durch bloßes Erhitzen unter Luftzutritt oxydirt werden. So braucht man das Zink und Blei bloß bis zum Dunkelrothglühen zu erhitzen. Man nimmt die gebildete Drydschichte immer von der Oberfläche weg und reinigt das erhaltene Dryd von noch nicht oxydirtem Metall durch Schlemmen. So wird z. B. Speiskobalt (Verbindung von Kobalt und Arsenik) durch Rösten, Kupferspäne dadurch oxydirt, daß man sie in einem Luftstrom glüht. Man füllt sie in einen Schmelztiegel, über den man in einem geheizten Ofen einen größeren Schmelztiegel stürzt.

Letzterer hat in dem nach oben gerichteten Boden eine Öffnung, nach welcher vom Rost aus ein anhaltender Luftstrom zieht und auf seinem Wege das Kupfer oxydirt. Das Quecksilberoryd bereitete man früher, indem man es in einer enghalsigen Flasche anhaltend kochte. Auch Blei und Zink werden durch bloßes Erhitzen in Dryd verwandelt. Einige, wie Kalk, Magnesia, Kupferoryd lassen sich durch Erhitzen ihrer Carbonate, andere, wie Baryt, Quecksilber- und Kupferoryd durch Erhitzen ihrer salpetersauren Salze darstellen.

Von den Metallen, welche mehr als eine Drydationsstufe bilden, erhält man bald vorzugsweise die niedrigere, bald die höhere. Beim Auflösen der Metalle in Säuren entsteht natürlich nur diejenige, welche eine salzfähige Basis bildet, daher z. B. beim Wismuth, Blei, Zink, Nickel und Kobalt nicht Suboryd oder Hyperoryd, sondern Dryd. Sind zwei Drydationsstufen Basen, so entsteht in der Regel die stärkere derselben, so z. B. beim Kupfer nicht das Drydul, sondern das Dryd, beim Zinn, Eisen und Mangan umgekehrt, nicht das Dryd, sondern das Drydul. Die Drydule verwandeln sich aber im freien Zustande, namentlich unter Mitwirkung von Wasser, so leicht in Dryd, daß man, besonders Eisen und Mangan beim Trocknen fast nur als Dryde erhält.

Durch Auflösen in Salzsäure erhält man die der stärkeren Sauerstoffbasis entsprechende Chlorverbindung, durch Königswasser die der nächst höheren Drydationsstufe entsprechende, wenn letztere eine salzfähige Basis bildet, und bekommt daher auch durch Fälln der Chlorverbindungen mit Alkalien das entsprechende Dryd. Leitet man Chlorgas in eine Chlorürauflösung, so erhält man Chlorid; leitet man dasselbe in ein Drydulsalz, so entsteht Dryd, indem Wasser zersezt wird, dessen Wasserstoff mit dem Chlor Salzsäure bildet, während der Sauerstoff das Drydul in Dryd verwandelt.

Durch schwaches und kürzeres Erhitzen der Metalle erhält man die niedrigeren Drydationsstufen, beim Blei und Zink Suboryd, beim Kupfer und Eisen Dryd-Drydul, durch stärkeres oder fortgesetztes Glühen ihre Dryde oder Hyperoryde.

Um die niederen Dryde in höhere zu verwandeln, calcinirt man dieselben; die höchsten Drydationsstufen erhält man durch Glühen der Metalle oder niederen Dryde mit Salpeter, oder durch Erwärmung ihrer Auflösung (in Säure) mit Salpetersäure oder chlorsaurem Kali. Die Darstellung niederer Dryde aus höheren gelingt bei den meisten durch theilweise Reduction mittelst schwefeliger Säure oder Zucker aus ihren Salzen (s. unten „Verhalten der Salze zu organischen Stoffen“), wie beim Kupferoryd, oder durch gleichzeitige Behandlung der höheren Dryde mit Zucker, oder Weingeist und Säure, am besten unter Erwärmung.

Unter den physikalischen Eigenschaften der Metalloryde ist besonders die Farbe von Wichtigkeit, insofern sie für viele derselben eines der wichtigsten Kennzeichen bildet. Physikalische Eigenschaften.

Die Farbe der Dryde ist sehr verschieden. Am häufigsten kommt die weiße Farbe vor; man findet sie bei den Alkalien, alkalischen und Die Farbe der Dryde

eigentlichen Erden, mit Ausnahme der Suboryde und Hyperoryde der Alkalimetalle, und unter den Schwermetallen noch bei dem Dryde des Zinns, Zinks, Lanthans und Antimons, und bei den Säuren des Antimons, Molybdäns, Arseniks, Tellurs, Titans und Tantal. Nach der weißen Farbe erscheint bei den Dryden am häufigsten die schwarze, graue und braune. Schwarz sind das Drydul des Eisens, Bismuths, Quecksilbers, Silbers, Platins, Rhodiums, Iridiums, Titans und Molybdäns, das Dryd des Kupfers, Silbers, Platins, Osmiums, Wolframs und Vanadiums, das Sesquioryd des Nickels und Kobalts, das Drydorydul des Eisens und Rhodiums, das Suboryd des Eisens, Arseniks und Palladiums, das Hyperoryd des Kobalts und Nickels; grau das Suboryd des Kaliums, Natriums, Zinks und Bleis, das Hyperoryd des Mangans und Silbers, das Dryd des Nickels, Kobalts und Tantal, das Drydul des Zinns; braun das Dryd des Molybdäns, Goldes, Mangans und Didyms, das Hyperoryd des Bleis und Kupfers, die Säure des Bismuths, das Drydul des Urans, das Drydorydul des Mangans; rothbraun das Dryd des Eisens, Urans und Platins, die Säure des Vanadins und Chroms; roth das Drydul des Kupfers, das Dryd des Quecksilbers, das Hyperoryd-Dryd des Bleis und die Manganübersäure; gelb das Hyperoryd des Kaliums und Natriums, das Dryd des Bleis, Cadmiums, Bismuths und Ceriums, die Säure des Wolframs und die Verbindung der Chromsäure mit Chromoryd; grün das Suboryd des Cadmiums, das Drydul des Goldes und Mangans, das Dryd des Chroms, das Drydorydul des Urans, die neutrale Verbindung des Molybdänoryds mit Molybdänsäure, die neutrale und saure von Vanadiumoryd und Vanadiumsäure; blau sind die Verbindungen der Molybdänsäure mit Molybdänoryd, der Wolframsäure mit Wolframoryd, der Osmiumsäure mit Osmiumoryd und des Iridiumoryduls mit Iridiumsesquiorydul; violett das Drydul des Platins und Dryd des Titans.

und ihrer Hydrate.

Die Hydrate der Dryde haben eine hellere Farbe, als die Dryde im freien Zustande. Außer den schon an und für sich weißen Dryden bilden auch Zinn-, Mangan- und Eisenorydul, Blei-, Bismuth-, Cadmium-, Vanadium- und Ceriumoryd weiße Hydrate. Die schwarze Farbe des Dryds wird beim Drydhydrat des Platins rothbraun, bei dem des Rhodiumoryduls grau, beim Kupferoryd blau, beim Iridiumorydul und Eisenorydorydul grün; die graue beim Nickeloryd grün, beim Kobaltoryd roth; die braune beim Molybdän- und Wolframoryd und bei der Bismuthsäure rothbraun, beim Goldoryd gelb, beim Didymoryd violettroth; die braunrothe beim Uranoryd und Kupferorydul gelb, beim Eisenoryd und bei der Vanadiumsäure braungelb; die dunkelgrüne beim Chromoryd hellblau zc.

Form der Dryde.

Die Dryde bilden bei gewöhnlicher Temperatur feste Körper von mehr oder minder deutlicher Krystallform. In deutlichen Krystallen werden sie, wie alle krystallisirenden Körper nur dann erhalten, wenn sie sich beim Übergang in den festen Zustand aus ihren Auflösungen nicht plötzlich, sondern

allmählig abscheiden. Die Auflösungen derselben in Wasser eignen sich aber hierzu sehr wenig, weil überhaupt nur äußerst wenige Dryde, wie die Alkalien und alkalischen Erden, in hinreichender Menge darin auflöslich sind und von diesen wieder einige (die Alkalien) wegen ihrer zu großen Auflöslichkeit — Zerfließlichkeit — nur sehr schwer krystallisiren. Außer dem Wasser bilden nur die ägenden Alkalien für einige wenigen Dryde ein indifferentes Auflösungsmittel. So krystallisirt bei langsamem Erkalten das Bleioryd und Antimonoryd aus der Auflösung eines Alkali in Wasser oder, wie auch das Kupfer- und Zinkoryd, nach dem Zusammenschmelzen mit Kali. Das Bleioryd und die Thonerde scheiden sich aus einer Auflösung in ägenden Alkalien in Krystallen ab, wenn diese allmählig Kohlensäure aus der Luft anziehen.

Am leichtesten bilden die flüchtigen Metalloryde (mehrere Metallsäuren) Krystalle bei der Sublimation. Auch bei vielen chemischen Processen auf trockenem Wege bilden manche Dryde Krystalle. So erhält man das Chromoryd krystallisirt durch Zersetzung des neutralen chromsauren Kalis mittelst Chlorgas in der Rothglühhitze; so krystallisirtes Eisenoryd durch Zersetzung von Eisenchloriddämpfen mittelst Wasserdämpfen.

Bei weitem in den meisten Fällen werden die Dryde durch Abscheidung aus ihren auflöslichen Salzen auf nassem Wege erhalten, indem letztere durch die Auflösungen der Alkalien oder alkalischen Erden zersetzt und die Dryde im unauflöslichen Zustande gefällt werden. Wird diese Zersetzung auf dem Wege der Kunst bewirkt, so erfolgt dieselbe bei der Vermischung beider Auflösungen plötzlich, die Krystalle werden dadurch so klein, daß sie höchstens krystallinische, gewöhnlicher aber nur pulverig erdige bilden, weshalb man sie früher Metallsalze nannte, oder sie erscheinen in amorphen, gallertartigen Niederschlägen. Letztere schrumpfen beim Trocknen gewöhnlich zu harten, gesprungenen Massen von glasigem Bruch und dunkler oder ganz schwarzer Farbe zusammen, deren Pulver aber wieder die Farbe des feuchten Niederschlages zeigt.

Nur diejenigen Dryde, welche in der Natur als Mineralien entstehen, bilden zuweilen die größten und ausgebildetsten Krystalle, wenn man auch dieselben künstlich, sowohl auf nassem, als auf trockenem Wege, nie anders, als in Pulverform erhält, indem über solchen natürlichen Sublimationen und Fällungen weit mehr Jahre oder selbst Jahrhunderte verfloßen sein mögen, als über den künstlichen chemischen Operationen Augenblicke.

Die Thonerde und das Eisenoryd krystallisiren in Rhomboëdern, die arsenige Säure, der Magneteisenstein und das Rothkupfererz in regelmäßigen Octaëdern, Rutil, Anatas, Zinnstein, Braunit und Hausmannit in quadratischen, Weißbleisglanz in rhombischen Octaëdern und Brauneisenstein in rhombischen Säulen. Die übrigen Dryde kommen in der Natur bloß krystallinisch oder erdig, Psilomelan amorph vor.

Manche Dryde zeigen im krystallisirten Zustande eine beträchtliche Härte. Die Zirkonerde rißt das Glas, die Krystalle der Thonerde und des Chromoryds schneiden es sogar.

Verhalten der  
Dryde zu  
Magnetis-  
mus und  
Elektricität.

Nur das Eisenoxydul und Eisenoxyduloryd sind magnetisch, letzteres aber noch stärker, als das metallische Eisen selbst. Blei- und Manganoxyhyperoryd und wahrscheinlich alle Hyperoryde sind Leiter der Elektricität. Letzteres steht als negativer Elektromotor dem Gold und Silber nicht nach und ersteres soll darin Gold und Platin noch übertreffen. In zusammenhängenden Massen kommt das Vanadiumsuboryd dem Bleihyperoryd gleich, während die höheren Oxydationsstufen des Vanadiums, wie die übrigen Metalloryde, die Elektricität gar nicht leiten.

Auflöslichkeit  
der Dryde.

Die Auflöslichkeit der Dryde ist sehr verschieden. Der größte Theil derselben ist in den gewöhnlichen Lösungsmitteln so viel wie unauflöslich. Eine bemerkbare Auflöslichkeit in Wasser zeigen im Allgemeinen bloß die Alkalien und alkalischen Erden mit Ausnahme der Magnesia. Die Alkalien sind fast in jedem Verhältnisse in Wasser löslich; geringer ist die Löslichkeit der alkalischen Erden, Barythydrat löst sich in 20, Strontianhydrat in 52, Kalkerdehydrat in 400 Theilen Wasser von gewöhnlicher Temperatur, und die Bittererde ist fast ganz unauflöslich, sie braucht über 5000 Theile Wasser zur Auflösung.

Außerdem zeigen nur die Säuren einiger Metalle eine wahrnehmbare Auflöslichkeit. Die Molybdänsäure löst sich in 570, leichter das Molybdanoxyd, die Wolframsäure in 200—300, die arsenige Säure in 100 Theilen Wasser, die Arseniksäure und Chromsäure zerfließen schon an der Luft. Die Osmiumsäure ist gleichfalls leicht auflöslich und die übermangansaure hat man lange gar nicht im festen Zustande erhalten können. Auch die Vanadiumsäure löst sich etwas auf (in 1000 Theilen kochendem Wasser). Einige Säuren lösen sich selbst in Weingeist, Aether und fetten Olen. Wenig oder nicht auflöslich ist die Bismuth-, Antimon-, Titan- und Tantalsäure.

Von den andern Metalloryden sind fast nur Blei-, Silber- und Quecksilberoryd so viel in Wasser löslich, daß dieses eine schwach alkalische Reaction davon annimmt. Ist von den übrigen auch eins oder das andere nicht absolut unlöslich, so erfordern sie doch so große Mengen von Wasser zu ihrer Auflösung, daß sich kaum ihre Auflöslichkeit überhaupt, noch weniger aber der Grad derselben nachweisen läßt. So soll z. B. das Eisenoxyd, den Versuchen von Bischoff zufolge, 256041 Theile Wasser zu seiner Auflösung erfordern. Die wasserfreien Alkalien und alkalischen Erden ziehen das Wasser mit so großer Hefigkeit an, daß sie sich dabei bedeutend erhizen mit Ausnahme der Magnesia, welche sich nur allmählig damit verbindet. Die Alkalien gerathen bei richtigem Verhältnisse des zugefügten Wassers selbst in glühenden Fluß.

Geschmack.

Der Geschmack, welcher in der Regel mit der Auflöslichkeit im Zusammenhange steht, ist am auffallendsten bei den leicht löslichen Alkalien; er besteht in einem Gefühl von eigenthümlicher Schärfe und Brennen auf der Zunge und heißt daher laugenhaft nach den Auflösungen der Alkalien — Laugen; bei einiger Concentration zerstören ihre Auflösungen nicht bloß die Haut der Zunge, sondern überhaupt alle thierischen Theile, indem sie

dieselben mit Leichtigkeit auflösen — äßen. In geringerem Grade zeigen diese Eigenschaften die minder löslichen alkalischen Erden mit Ausnahme der unauflöslchen Bittererde, welche geschmacklos ist. Man bezeichnet daher diese auflöslchen Dryde im säurefreien Zustande mit dem Namen äßende oder kausische Alkalien und alkalische Erden oder Ätkali, Ät-kalk u., insbesondere im Gegensatz zu ihren kohlenfauren Salzen, welche ihnen in manchen andern Beziehungen ähnlich sind. Man nannte daher auch die kohlenfauren Alkalien milde Alkalien.

Die Erden und Schwermetalloryde, außer den löslichen Säuren, zeigen vermöge ihrer Unlöslichkeit den Geschmack, welcher ihren auflöslchen Salzen zukommt, größtentheils nicht oder doch nur in sehr geringem Maße, einen schwachen Metallgeschmack.

Geruch ist, insofern er mit der Flüchtigkeit bei gewöhnlicher Temperatur zusammenhängt, mit Ausnahme der flüchtigen Osmiumsäure, welche einen sehr heftigen chlorähnlichen Geruch entwickelt, kaum bei einem Metalloryde wahrzunehmen.

Abgesehen von den mechanischen Zerstörungen, welche die Alkalien und alkalischen Erden auf thierische Gebilde hervorrufen und je nach der Wichtigkeit des ergriffenen oder zerstörten Theiles den Tod von Thieren und Pflanzen herbeiführen können, stehen manche Dryde, sie mögen auflöslch sein oder nicht, auch noch in sehr kleinen Mengen, in einer so schädlichen Beziehung zum lebenden Organismus, daß sie die heftigsten Gifte für Pflanzen und Thiere sind. Obgleich indeß im aufgelösten Zustande (in ihren Salzen) viele und in einer größeren Quantität alle auf den Organismus feindselig einwirken, so ist doch die Zahl der Dryde, welche als starke Gifte wirken, bei ihrer geringen Auflöslichkeit weit kleiner, als man dies nach der giftigen Wirkung der Salze erwarten sollte.

Wirkung der  
Metalloryde  
auf den  
thierischen  
Organismus.

Zu den schädlichsten Giften gehören die Dryde des Arseniks, Quecksilbers, Kupfers und Bleis, weit weniger die des Wismuths, Zinns und Zinks, obgleich ihre Salze schon in sehr kleinen Gaben höchst nachtheilig wirken. Die Baryterde äußert nebst ihrer äßenden Kraft noch eine eigenthümliche giftige Wirkung, welche sich auch in ihren Salzen findet, während dieselbe der ihr sonst so ähnlichen Strontianerde abgeht.

So schädlich die Verbindungen der Metalle in gewissen Quantitäten auf den gesunden Organismus einwirken, so vortheilhaft kann der eigenthümliche Einfluß, den sie auf die verschiedenen Organe üben, im Extraktzustande werden, so daß sie nebst ihren Salzen zu den kräftigsten Arzneimitteln gehören.

Die meisten Dryde bleiben bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft unverändert. Nur wenige zerfließen, wie das Kali, die Chrom- und Arseniksäure; das Natron wird bloß feucht, zerfließt aber nicht. Andere ziehen bloß Hydratwasser aus der Luft und zerfallen dabei zu Pulver, ohne zu zerfließen oder feucht zu werden, wie Kalk-, Baryt- und Strontianerde. Die Thonerde zieht nur hygroskopisches Wasser an, welches sie in trockener Luft wieder verliert.

Chemisches  
Verhalten.  
Verhalten an  
der Luft bei  
gewöhnlicher  
Temperatur.

Einige Metalloryde oxydiren sich an der Luft allmählig höher, besonders als Hydrate, und im feuchten Zustande, wie Eisen- und Manganoxydul, indem sie in Oxyde übergehen, Titanoryd in Titansäure, Vanadiumoryd in vanadiumsaures Vanadoxyd u. Einige Suboryde, wie die des Kaliums, Natriums und Urans können sich auch durch Wasserzersetzung oxydiren. Eisensuboryd zerlegt das Wasser nur unter Mitwirkung von Säuren. Bleisuboryd oxydirt sich gleichfalls beim Befeuchten mit Wasser, aber auf Kosten des Sauerstoffs der Luft. Andere, wie Bleihyperoxyd und namentlich die Oxyde der edlen Metalle, verlieren ihren Sauerstoff schon durch Einwirkung des Lichts, wie die Oxyde des Goldes, Silbers und Quecksilbers.

Einige ziehen Kohlensäure aus der Luft an, wie die Alkalien, alkalischen Erden, Blei- und Cadmiumoryd.

Verhalten bei  
höherer Tem-  
peratur.  
Schmelzbar-  
keit.

In höherer Temperatur sind die Alkalien schmelzbar, die alkalischen und eigentlichen Erden nur in der Hitze des Knallgasgebläses, doch sintert die Thonerde auch in schwächerem Feuer etwas zusammen. Von den Schwermetalloryden sind nur wenige schmelzbar, wie das Antimon-, Blei- und Wismuthoryd und die Säuren des Chroms, Vanadiums und Molybdäns. Kupferoryd schmilzt erst bei sehr hoher Temperatur, Osmiumsäure schon weit unter  $+ 100^{\circ}$  C.

Flüchtigkeit.

Noch weniger Oxyde sind beim Erhitzen flüchtig. Die Alkalien verflüchtigen sich beim Glühen, die arsenige Säure noch unter ihrem Schmelzpunkt und die Osmiumsäure wenig über  $+ 100^{\circ}$  C. Auch die Molybdänsäure, Zink-, Blei-, Wismuth- und Antimonoxyd sind flüchtig.

Zersetzung  
durch  
Erhitzen.

In ihrer chemischen Zusammensetzung bleiben die meisten Oxyde beim Erhitzen unverändert, nur die der edlen Metalle, nebst Quecksilber, werden durch Glühen reducirt und die niedrigeren Oxydationsstufen einiger unedlen Metalle werden dadurch höher oxydirt; so verwandelt sich Bleisuboryd und Zinnoxydul dabei in Oxyd, Eisenoxydul in Oxydoxydul. Bei anderen reduciren sich die höheren Oxyde zu niedrigeren, so die Hyperoxyde und die Wismuthsäure zu Oxyd. Wieder andere werden bei schwachem Erhitzen höher oxydirt, durch stärkere Hitze dagegen wieder auf die niedrigere Oxydationsstufe zurückgeführt. Kobaltoxyd wird bei mäßigem Feuer Hyperoxyd, und Bleioxyd eine Verbindung von Oxyd mit Hyperoxyd (Mennige), während beide in stärkerer Hitze wieder auf die erstere Oxydationsstufe zurückgehen. Quecksilberoxydul zerfällt schon bei  $+ 100^{\circ}$  C., und unter Einwirkung des Lichts selbst bei gewöhnlicher Temperatur, in Oxyd und Metall.

Die Hydrate der Oxyde verlieren beim Erhitzen sämmtlich ihren Wassergehalt, nur die Hydrate der Alkalien geben ihn nicht ab, sondern verflüchtigen sich mit ihrem Hydratwasser zugleich. Zinnoxydul- und Kupferoxydhydrat verlieren ihre Hydratwasser schon beim Siedepunkt des Wassers, selbst wenn sie sich unter Wasser befinden.

Zirkonerde, Chrom- und Eisenoxyd zeigen bei einem Temperaturgrade, wo sie ihr Hydratwasser bereits verloren haben, eine Feuererscheinung, ohne dabei in ihrer Zusammensetzung eine Änderung zu erleiden, indem sie in eine, in Säuren schwer oder nicht lösliche, Modification übergehen.

Einige Dryde verändern beim Erhitzen ihre Farbe; dieselbe stellt sich aber beim Erkalten wieder her. Quecksilberoryd, Wernige (eine Verbindung von Bleioryd mit Bleihyperoryd) und Chromsäure werden schwarz, beim Abkühlen wieder roth, Zinkoryd, Tantal- und Titansäure gelb, erkaltet wieder weiß, Bismuthoryd braun oder schwarz, bei gewöhnlicher Temperatur wieder gelb.

Sämmtliche Dryde, welche salzfähige Basen bilden und vorzüglich ihre Hydrate, sind in allen Säuren leicht löslich, mit denen sie sich zu auflöslischen Salzen verbinden, außer der Antimonsäure, den Dryden des Tantal- und der mit Salpetersäure bereiteten Modification des Zinnoryds. Einige sind nach dem Erhitzen schwer löslich, wie Thonerde, Eisenoryd und ganz besonders das Eisenorydul, andere ganz unlöslich, wie das Uranorydul, das Chromoryd und die Titansäure. Die Saborde werden durch Säuren gewöhnlich in Dryd und Metall, und die Hyperoryde in Dryd und Sauerstoff verwandelt. Die Sauerstoffsäuren verbinden sich direct mit den Dryden zu Sauerstoffsalzen, die Wasserstoffsäuren der Salzbilder verwandeln sie in Haloidsalze unter Erzeugung von Wasser.

Die Alkalien werden durch Glühen mit Schwefel in Schwefelmetalle, zu Schwefel, gemengt mit Sulphat, verwandelt<sup>1)</sup>, die Schwermetalloryde in Schwefelmetalle und schweflige Säure, die Erden bleiben unverändert. Kocht man ein Alkali oder eine alkalische Erde mit Schwefel und Wasser, so entsteht Schwefelmetall und unterschwefligsaures Salz. Die Erden bleiben auch hier unverändert. Die Schwermetalloryde sind in dieser Beziehung noch wenig untersucht.

Mehrere Dryde lösen sich auch in Alkalien, wie Thon-, Beryll- und Zirkonerde, Uranorydul, Antimon-, Blei-, Zink-, Zinnoryd und Zinnorydul, so wie die Metallsäuren, letztere zum Theil auch in kohlensauren Alkalien, einige, wie Nickel- und Kobaltoryd bloß in ägendem und kohlensaurem Ammoniak, Cadmiumoryd allein in ägendem und Kupferoryd nur in kohlensaurem Ammoniak oder doch in ägendem nur, wenn es aus der Luft Kohlensäure anziehen kann. Das Kupferoryd ist auch in kohlensaurem Kali etwas löslich, in ägendem Kali und Natron aber nur bei Gegenwart von auflöslischen organischen Körpern, z. B. Zucker.

Außer den auf nassem Wege in Kali und Natron löslichen Dryden werden beim Zusammenschmelzen auch Platin und Kupferoryd sowohl von ägenden als kohlensauren Alkalien aufgelöst. In sehr gesättigter und kohlensäurefreier Kallauge lösen sich nach Böttger auch noch andere Dryde auf, wie Eisen- und Kobaltoryd, auch Kupferoryd ohne organische Substanzen.

Auch manche Salze, besonders Ammonialsalze, lösen Metalloryde zu Doppelsalzen auf. So werden Magnesia, Zink-, Kupfer-, Mangan-, Kobalt-, Nickel-, Cadmium- und Antimonoryd schon bei gewöhnlicher Temperatur, Bleioryd, Quecksilberoryd und Drydul, Zinnorydul und Bismuthoryd wenig-

1) Über die Einwirkung des Schwefels auf Kali, Natron und die kohlensauren Salze derselben s. Fodor's und Gélis, Ann. de Chim. et de Pharm. III. Sér. T. 18. S. 80—98; pharm. Centralb. 1846. S. 792—795.



stens beim Erwärmen in Chlorammonium- und zum Theil auch in salpetersaurer Ammoniaklösung aufgelöst, Silberoryd zwar nicht in Chlorammonium, aber doch in kohlensaurem, schwefelsaurem, salpetersaurem Ammoniak zc.

Die Suboryde werden durch Säuren in Metall und Dryd zersetzt, Bleisuboryd auch durch Alkalien, Cadmium sowohl durch Säuren, als durch bloßes Erhitzen für sich. Eisensuboryd wird von verdünnter Säure unter Wasserzersetzung ganz in Drydul verwandelt, Uransuboryd schon in bloßem Wasser. Ähnlich verhalten sich einige Drydule. Silberorydul wird durch Säuren, Bismuthorydul durch Salpetersäure in Metall und Dryd zersetzt. Auch einige Hyperoryde zeigen diese leichte Zersetzbarkeit. Silber-, Zink- und Manganhyperryd werden durch Säuren zu Dryden reducirt, Manganhyperryd in kalten Säuren zu Dryd, in erwärmten zu Drydul. Bleihyperryd bildet mit Ammoniak Wasser und salpetersaures Bleioryd.

Reduction der  
Dryde  
s. S. 146.

Reaction auf  
Pflanzen-  
farben.

Die basischen Metalloryde bläuen, wenn sie auflöslich sind wie die Alkalien und alkalischen Erden, geröthetes Lackmuspapier, die Metallsäuren röthen das blaue Lackmuspapier, mehrere derselben trotz ihrer Unlöslichkeit, wie Vanadium-, Antimon-, Titan- und Molybdänsäure, auch Molybdän- und Uranoryd (wenigstens feuchtes Lackmuspapier). Doch wird von letzterem Campechenholzroth gebläut und die krystallisirte Modification der Arseniksäure reagirt auch auf Lackmusfarbe schwach alkalisch, während dieselbe von der amorphen Modification geröthet wird.

Ausmittlung  
der  
Metalloryde.

Man erkennt die Metalloryde durch ihre Reactionen auf nassem und auf trockenem Wege, nämlich vor dem Löthrohr, an ihrer Auflöslichkeit oder Unlöslichkeit, Schmelzbarkeit, Farbe zc. im freien und gebundenen Zustande, oder aus der Farbe ihrer Zersetzungsprodukte, namentlich der Schwefelmetalle, an der Entstehung der letzteren durch Schwefelalkalien, oder ebenso wohl durch Schwefelwasserstoff, als durch jene, und an der Löslichkeit der Schwefelmetalle in Säuren, in einem Ueberschuß von Schwefelalkalien, oder in keinen von beiden.

Die Dryde der Schwermetalle geben sich vor dem Löthrohr besonders deutlich durch die Farbe des Glases zu erkennen, welche sie in der inneren (Reductions-) Flamme als niedrigere und in der äußeren (Drydations-) Flamme als höhere Dryde mit den alkalischen Salzen feuerbeständiger Säuren, namentlich der Borax- und Phosphorsäure bilden. Man bedient sich hierzu gewöhnlich des Borax- (doppeltborsaures Natron) und des Phosphorsalzes (Natron-Ammoniakphosphat). Von beiden werden durch die freie Säure (bei letzterem nach Verflüchtigung des Ammoniaks) im geschmolzenen Zustande die Dryde zu verschiedenartig gefärbten Gläsern aufgelöst.

Anwendung  
der  
Metalloryde.

Die Alkalien werden als starke und zugleich leicht auflösliche Basen sowohl auf nassem als auf trockenem Wege als Auflösungsmittel für schwer- oder nicht lösliche oder unschmelzbare Säuren, wie die Kieselsäure, und zur Zersetzung der Silicate, zur Fällung der unauflöslichen Dryde aus ihren auflöslichen Salzen und zur Verseifung der Fette benutzt; die alkalischen Erden vorzüglich vermöge ihrer Verwandtschaft zur Kohlensäure und der

Eigenschaft, unlösliche Verbindungen damit zu bilden, zur Darstellung der ätzenden Alkalien aus ihren Carbonaten, zur Abscheidung der Kohlensäure aus Flüssigkeiten und Gasgemengen, oder als Reagentien auf Kohlensäure. Die Kalkerde bildet einen der wichtigsten Bestandtheile des Bodens.

Da die eigentlichen Erden, bis auf die Thonerde, nur als Seltenheiten in der Natur vorkommen, so sind sie im Allgemeinen von geringem Interesse. Desto wichtiger ist dagegen die Thonerde als ein Hauptbestandtheil des Bodens, ihre Verbindung mit organischen Farbstoffen, worin letztere unauflöslich sind, in der Farbenfabrikation und Färberei und ihr Silicat, der Thon zur Darstellung gebrannter Steine und Gefäße.

Die natürlich vorkommenden Dryde der Schwermetalle sind die wichtigsten Erze zur Gewinnung der Metalle. Diese sowohl, als die künstlich dargestellten, bilden den größten Theil aller technisch benutzten Rohmaterialien. Einige ihrer niedrigen Drydationsstufen, wie das Zinn- und Eisendrydul, benutzt man zu Reductionen, die höheren Drydationsstufen, wie besonders das Manganshyperoxyd, als Drydationsmittel, namentlich zur Chlorbereitung aus Chlorwasserstoffsäure, und alle Abtheilungen der Metalloryde liefern, theils für sich, theils als Salze, die wirksamsten Arzneimittel.

Nach den Dryden zeigen die Schwefelmetalle die ausgebreitetste Verbreitung in der Natur, doch stehen sie jenen in dieser Beziehung schon deswegen weit nach, weil sich das natürliche Vorkommen, vermöge der leichten Zersetzbarkeit der übrigen Schwefelmetalle an der Luft, nur auf die Schwermetalle erstreckt.

Schwefel-  
metalle.

Die natürlich vorkommenden Schwefelmetalle, welche einen Metallglanz besitzen, haben die Mineralogen Kiese genannt, wenn sie dabei eine hellere, namentlich gelbe oder röthliche Farbe zeigen<sup>1)</sup>, und Glanze, wenn ihre Farbe dunkel, namentlich grau oder schwarz, ist. Zeigen sie dagegen keinen Metall-, sondern Diamantglanz und sind dabei durchscheinend, so heißen sie Blenden.

Einteilung  
und  
Nomenclatur.

In chemischer Beziehung berücksichtigt man bei ihrer Benennung, wie bei den Dryden, das Verhältniß des Schwefels und das Verhalten der Verbindung als elektronegatives oder elektropositives Schwefelmetall. Nach Analogie der Haloidsalze, welche man im Allgemeinen mit den Namen Chlorete, Iodete u. und insbesondere, je nachdem sie den Dryden oder Drydulen entsprechen, mit Chloride, Chlorüre u. bezeichnet, hätte man unter Sulphureten die Schwefelmetalle im Allgemeinen, unter Sulphiden die den Dryden und unter Sulphüren die den Drydulen entsprechenden Schwefelungsstufen der Metalle zu verstehen, während man die elektropositiven derselben mit Schwefelbasen, die elektronegativen mit Schwefelsäuren bezeichnet. Berzelius versteht jedoch unter Sulphureten die Schwefelbasen, unter Sulphiden die Schwefelsäuren, während die verschiedenen Schwefelungsstufen von ihm Sesqui-, Bi-, Tri-, Quadersulphurete und die höchste Stufe Persulphurete, von Anderen dagegen Proto-,

1) Kiese heißen übrigens auch die natürlich vorkommenden Arsenikmetalle.

**Dento-, Tritosulphurete** und **Sulphide** benannt werden. Einige nennen die Schwefelmetalle überhaupt **Sulphuride**, während Andere unter **Sulphuriden** die elektronegativen Schwefelmetalle verstehen.

Um den Verwechslungen zu entgehen, welche diese abweichenden Benennungsweisen zur Folge haben müssen, bleibt nichts übrig, als für die Schwefelverbindungen der Metalle durchweg die deutschen Bezeichnungen beizubehalten, nämlich **Schwefelmetalle**, **Schwefelsäuren**, **Schwefelbasen**, **Einfach-**, **Zweifach-** oder **Doppelt-**, **Dreifachschwefelmetall** u.

Die alkalischen Schwefelmetalle, und nachher auch die erdigen, hießen früher, nach der leberbraunen Farbe der ersteren, **Schwefellebern**.

Die wichtigsten der in der Natur vorkommenden Schwefelmetalle sind: **Realgar** (Einfachschwefelarsenit), **Aurpigment** (Anderthalbschwefelarsenit), **Molybdänglanz**, **Antimonglanz**, **Antimonblende** (S.-Antimon mit Antimonoryd), **Glaserz** (S.-Silber), **Spreßglaserz** (6 Atom S.-Silber mit 1 Atom S.-Antimon), **dunkles Rothgültigerz** (3 At. S.-Silber mit 1 At. S.-Antimon), **lichtes Rothgültigerz** (S.-Silber mit S.-Arsenit), **Silbertupferglanz** (S.-Silber mit S.-Kupfer), **Stinnober** (S.-Quecksilber), **Kupferglanz** (Einfachschwefelkupfer), **Kupferindig** (Doppeltschwefelkupfer), **Stinkies** (S.-Kupfer mit S.-Zinn), **Fählerz** (S.-Kupfer mit S.-Antimon oder S.-Arsenit), **Kupfersties** (S.-Kupfer mit S.-Eisen), **Wismuthglanz**, **Bleiglanz**, **Zinkenit** (S.-Blei mit S.-Antimon), **Schwarzspießglanzerz** (S.-Blei mit S.-Antimon und S.-Kupfer), **Nadelerz** (S.-Blei mit S.-Kupfer und S.-Wismuth), **Zinkblende**, **Greenockit** (Schwefelcadmium, welches außerdem auch in verschiedenen Zinkerzen vorkommt), **Haarkies** (S.-Nickel), **Glanz kobalt** (S.-Kobalt mit Arsenikkobalt), **Schwefelsties** und **Brauwesenties** (Zweifach-S.-Eisen), **Magnetikies** (6 At. Einfach-S.-Eisen mit 1 At. Zweifach-S.-Eisen) und **Manganglanz**.

Darstellung.

Man stellt die Schwefelmetalle dar durch Zusammenschmelzen der Metalle oder ihrer Dryde mit Schwefel, Erhitzen der Metalle in Schwefeldampf, durch Glühen schwefelsaurer Salze mit Kohle, wobei sich die Kohle mit dem Sauerstoff der Säure und der Basis verbindet und Schwefelmetall zurückläßt, die der Schwermetalle<sup>1)</sup> auch auf nassem Wege durch Zersetzung der Dryde oder Salze durch Schwefelwasserstoff, wobei sich der Sauerstoff des Dryds mit dem Wasserstoff verbindet und das Metall mit Schwefel, oder endlich die Schwefelverbindungen einiger Schwermetalle, wie Eisen, Mangan, Kobalt, Nickel, Uran und Zink durch Zersetzung ihrer Dryde oder Salze durch alkalische Schwefelmetalle (Schwefelalkalien). Einige Metalle lassen sich bloß durch Glühen in Schwefelwasserstoffgas oder Schwefelkohlenstoffdampf mit Schwefel verbinden. Die höhere oder niedrigere Schwefelungsstufe wird erhalten, je nachdem man das Metall mit mehr

1) Die der Leichtmetalle werden auf nassem Wege durch Schwefelwasserstoff nur schwierig und theilweise in Schwefelmetalle verwandelt. Vgl. Buchner j., Buchner's Repertor. d. Pharm. 2. Reihe. Bd. 9. S. 36—38; pharm. Centralbl. 1838. S. 165.

oder weniger Schwefel zusammenschmilzt, oder das Dryb oder Drybul mit Schwefelwasserstoff oder den verschiedenen Schwefelungsstufen der Alkalien zerfällt.

Die Schwefelmetalle sind, wie die Dryde, künstlich meist sehr schwer Form. in Krystallform zu erhalten, während die natürlich vorkommenden fast sämmtlich sehr deutliche Krystalle bilden. Die Krystallformen gehören meist dem Tesserä- und Hexagonalsystem an. Schwefelkies, Blei- und Manganglanz krystallisiren in Würfeln, Glaserz und Glanzkobalt in regelmäßigen Oktaëdern, Zinkblende in Granatoëdern, Fahlerz in Tetraëdern, Zinktenit und Magnetkies in Diheraëdern, Molybdänglanz in sechsseitigen Tafeln, Zinnober, das dunkle und lichte Rothgültigerz in Rhomboëdern. Zu andern Systemen gehören das Realgar in klinorhombischen, Graueisenkies in rhombischen Säulen, Auripigment, Antimonglanz, Sprödglasserz und Kupferglanz in rhombischen Oktaëdern, Schwarzschieferglanz in rectangulären und Kupferkies in quadratischen Oktaëdern. Die künstlich dargestellten bilden, wenn sie unauflöslich sind, pulverige oder flockige Niederschläge. Auch die auflöslichen krystallisiren nur schwierig.

Die alkalischen Schwefelmetalle sind braunroth oder dunkelbraun (leber- Farbe. farben), die der alkalischen Erden weiß, die der Erden von verschiedener Farbe, z. B. Schwefelaluminium schwarz, Schwefelberyllium grau, Schwefelirkonium braun, Schwefelthorium gelb. Eben so verschieden ist die Färbung der Verbindungen des Schwefels mit Schwermetallen, nicht bloß verschieden bei verschiedenen Metallen, sondern auch bei den verschiedenen Schwefelungsstufen ein und desselben Metalls. Besonders wichtig für Reactionen sind die Farben der Schwefelmetalle, welche man auf nassem Wege als Niederschläge erhält. Bei weitem die meisten sind schwarz, wie die von Silber, Quecksilber, Kupfer, Bismuth, Blei, Nickel, Kobalt, Eisen, Uran, Vanadium; oder dunkel bis schwarzbraun, wie die von Molybdän, Wolfram, Gold, Selenium, Iridium, Platin, Palladium, Rhodium und Einfachschwefelzinn; ziegelroth ist Schwefelmangan; pomeranzengelb Antimon; gelb Arsenit und Cadmium; schmutziggelb Doppelschwefelzinn; weiß Zink. Chrom wird von Schwefelalkalien als grünes Dryb gefällt, von Schwefelwasserstoff gar nicht. Im krystallisirten Zustande besitzen sie in der Regel Metallglanz.

Da die Erden, mit Ausnahme der Beryllerde, auf nassem Wege sich nicht mit Schwefel verbinden und Beryllerde auf letzterem eine weiße Verbindung bildet, so ist es ein charakteristisches Kennzeichen der Schwermetallverbindungen mit Ausnahme des Zinks, aus ihren Auflösungen von Schwefelwasserstoff oder Schwefelalkalien als schwarze oder doch als gefärbte Niederschläge gefällt zu werden. Die übrigen Erden, nebst Cerium, Titan, Tantal, werden zwar von Schwefelalkalien auch gefällt, aber als Drydhydrate mit weißer Farbe.

Die Schwefelalkalien lösen sich so leicht in Wasser, daß sie an der Auflöslichkeit. Luft zerfließen; auch Schwefelbaryum und -Strontium sind ziemlich leicht löslich, Schwefelcalcium und -Magnesium aber sehr wenig. Die übrigen Schwefelmetalle sind so unlöslich in Wasser, daß die kleinsten Mengen ihrer

Chemisches  
Verhalten.

Salze durch Schwefelwasserstoff niedergeschlagen werden. In Schwefelalkalien sind einige löslich, wie Schwefelzinn, Platin, Gold, Antimon, Arsenik und Nickel, indem sie mit jenen Schwefelbasen Schwefelsalze bilden, was gleichfalls sehr wichtig ist für die Unterscheidung der Schwefelmetallniederschläge, wenn die Farbe an sich nicht hinreicht. Durch Säuren werden sie dann wieder gefällt. Die Schwefelmetalle, welche nur von Schwefelalkalien gefällt werden, lösen sich, mit Ausnahme von Schwefelkobalt und Nickel, in verdünnter Schwefelsäure und Salzsäure unter Schwefelwasserstoffentwicklung zu Sulphaten oder Chlorverbindungen auf, indem sich im ersten Falle der Wasserstoff des Wassers, im zweiten der der Salzsäure mit dem Schwefel verbindet. Durch Salpetersäure oder Königswasser werden auch die übrigen zersetzt. Schwefeleisen und -Mangan zersetzen sich, wenn sie auf nassem Wege dargestellt worden sind, schon beim Trocknen, indem Schwefelwasserstoff entweicht und Metalloryd zurückbleibt, während sich die ihnen so ähnlichen Schwefelverbindungen des Kobalts und Nickels unverändert trocknen lassen. Die Auflösungen der Schwefelalkalien fangen an der Luft schon nach wenig Minuten an, sich in unterschweflige Alkalien zu verwandeln, Schwefelwasserstoff entweicht, und wenn das Metall mit mehr als 2 Atomen Schwefel verbunden war, so trübt der überschüssige Schwefel die Auflösung; auch die Schwefelmetalle der alkalischen Erden oxydiren sich allmählig unter Schwefelwasserstoffentwicklung und Aufnahme von Kohlensäure.

Erkennung.

Die Schwefelmetalle schmelzen meist leichter, als die Metalle für sich. In einer unten geschlossenen Glasröhre sind die meisten feuerbeständig und geben nur überschüssigen Schwefel (das zweite Atom) ab. Nur wenige, wie Schwefelzinn, Schwefelarsenik und Schwefelquecksilber sind flüchtig. Beim Erhitzen in einer offenen Glasröhre entwickeln sie schweflige Säure, auch vor dem Löthrohre entwickeln sie den Geruch nach schwefliger Säure und lassen basisch schwefelsaure Salze oder reine Metalloryde zurück. Viele Doppelschwefelmetalle geben einen Theil des Schwefels bei erhöhter Temperatur ab. Mit Soda geben sie Schwefelnatrium, welches beim Übergießen mit Salzsäure oder Schwefelsäure Schwefelwasserstoff entwickelt. Letzteren erkennt man am Geruch, an der Schwärzung eines in Bleisalzauflösung getauchten Papierstreifens und eines mit der feuchten Masse belegten Silberstückes.

Reduction.

Die Schwefelmetalle werden reducirt, wenn man sie mit einem Metalle erhitzt, welches größere Verwandtschaft zum Schwefel hat, wie Schwefelquecksilber und Schwefelantimon mit Eisen; einige, wie Schwefelantimon, -Silber und -Bismuth, auch wie die Dryde durch Wasserstoff, wobei Schwefelwasserstoff entweicht und Metall zurückbleibt. Die gewöhnliche Methode, Schwefelmetalle zu reduciren, ist jedoch, dieselben unter Vermeidung des Schmelzens zu rösten (abschwefeln), wobei schweflige Säure entweicht und Metalloryd zurückbleibt. Die stärksten Basen halten dabei einen Theil des Schwefels als Schwefelsäure zurück. Die Dryde werden dann, wie S. 146 angegeben wurde, reducirt.

Die Schwefelmetalle, welche sich in der Natur in hinreichender Menge vorfinden, sind wichtig als Erze für die Darstellung der Metalle mit Ausnahme des Schwefeleisens, welches kein vollkommen schwefelfreies, brauchbares Eisen liefert; doch findet dasselbe zur Vitriol-, Schwefel- und Schwefelsäuregewinnung eine um so ausgedehntere Anwendung. Die Schwefelalkalien dienen, wie auch das Schwefeleisen, zur Darstellung von Schwefelwasserstoffgas, und erstere als Reagentien und Scheidungsmittel für die Schwermetalle. Einige Schwefelmetalle finden als Farbstoffe eine technische Anwendung, wie Schwefelarsenit (Auripigment) und Schwefelcadmium als gelbe Farben, Doppelschwefelarsenit (Realgar) und Schwefelantimon als pomeranzengelbe und besonders das rothe Schwefelquecksilber (Zinnober). Auch in dem so allgemein benutzten blauen Ultramarin scheinen Schwefelmetalle (Schwefeleisen und Schwefelnatrium) die färbenden Bestandtheile zu sein. Mehrere sind Arzneimittel.

Von geringerer Wichtigkeit sind die Verbindungen der Metalle mit andern nichtmetallischen Elementen, wie die Wasserstoff-, Stickstoff-, Phosphor-, Bor- und Kieselmetalle mit Ausnahme des Kohlenstoffeisens, welches beim Eisen, und der Haloidmetalle, welche bei den Salzen Berücksichtigung finden.

Verbindungen der Metalle mit andern Elementen.

Von besonderer Wichtigkeit sind in chemischer Beziehung jene vielfach und doppelt zusammengesetzten Verbindungen der Metalle, welche bereits — S. 45 — unter dem Namen der Salze einer genaueren Betrachtung unterzogen worden sind. Wir können uns hier auf die Betrachtung der Sauerstoff- und Haloidsalze beschränken, indem die übrigen noch wenig bekannt (vgl. S. 46. 1. a.) und nur von rein wissenschaftlichem Interesse sind.

So groß auch die Menge der in der Natur vorkommenden Salze ist, so ist doch die Anzahl derselben weit geringer, als die der natürlich vorkommenden Dryde, und beschränkt sich fast nur auf die Verbindungen der Kieselsäure und Kohlensäure, welche sich durch die große Verbreitung in der Natur und durch ihre allgemeine Unauflöslichkeit auszeichnen. Von den schwefelsauren Salzen kommt fast nur das Kaltsulphat, der Gyps, in beträchtlichen Massen vor, die Sulphate der Alkalien und der Erden im Meerwasser und in einigen Quellwässern. Die Phosphate finden sich zwar in großer Zahl, aber bei ihrer Unlöslichkeit in kleiner Menge. Noch beschränkter ist das Vorkommen der borsauren Salze. Von den Säuren, welche nur auflösliche Verbindungen bilden, wie die Salpetersäure, und von den Haloidsalzen kommen im festen Zustande bloß das salpetersaure Natron und das Chlornatrium in größeren Massen; letzteres auch, nebst Chlorcalcium und Chlormagnesium im aufgelösten Zustande vor. Doch finden sich die vorkommenden Säuren, mit Ausnahme der Kieselsäure, fast sämmtlich nur als Bestandtheile von Salzen in der Natur.

Vorkommen.

Man erhält die auflöslichen Salze gewöhnlich dadurch, daß man die Metalle oder ihre Dryde in der entsprechenden Sauerstoff- oder Wasserstoffsäure auflöst. Die Metalle zersetzen dabei die Wasserstoffsäuren ganz und verbinden sich mit dem Haloid derselben (Chlor, Brom, Jod u.)

Darstellung.

unter Abscheidung des Wasserstoffs, die Sauerstoffsäuren theilweise, indem sie sich auf Kosten derselben oxydiren und mit dem unzersehten Theile zu Salz verbinden, während eine geringere Oxydationsstufe als schwächere Säure oder als indifferenten Körper, wie schweflige und salpetrige Säure, Stickstoffoxyd und -oxydul zurückbleibt, oder sie zerlegen die Säure nicht und oxydiren sich durch Wasserzersehung (vgl. S. 159 das Verhalten der Metalle zu Säuren).

Die unauflöslichen Salze erhält man durch gegenseitige Fällung auflöslicher Salze, so z. B. phosphorsaures Eisenoxyd durch Fällung eines auflöslichen Eisenoxydsalzes, z. B. des Sulphats mit einem auflöslichen Phosphat, z. B. dem des Natrons.

Auch auf trockenem Wege werden manche Salze gewonnen, so z. B. durch Zusammenschmelzen feuerbeständiger Säuren (Kiesel-, Phosphor- und Bor säure) mit den entsprechenden Basen, so einige Chloride durch Erhitzen der Metalle oder Oxyde in Chlorgas u.

**Form.** Die unauflöslichen Salze bilden, wenn sie natürlich vorkommen, bisweilen sehr große und vollkommen ausgebildete Krystalle oder doch feste Massen von krystallinischem Gefüge; häufig erscheinen sie als erdige Massen, seltener im amorphen oder glasartigen Zustande. Auf künstlichem Wege dargestellt erscheinen die unauflöslichen Salze gewöhnlich als Niederschläge von verschiedener Form, wie pulverig, krystallinisch, flockig, gallertig u., nur im geschmolzenen Zustande, wie namentlich die Silicate, als zusammenhängende und zwar meist glasartige Massen.

Die auflöslichen Salze lassen sich auch auf künstlichem Wege sehr leicht in deutlichen und vollkommenen Krystallen darstellen, wenn man ihre Auflösungen langsam und ruhig verdunsten läßt.

Alle Versuche, die Krystallformen der Salze mit ihrer chemischen Constitution in Zusammenhang zu bringen, sind bis jetzt noch erfolglos geblieben, da sowohl die Salze derselben Säuren, als derselben Basen, und selbst ein und dieselben Salze häufig in mehreren Formen erscheinen, die den verschiedenartigsten Krystallsystemen angehören<sup>1)</sup>. Die Krystallformen, in denen die meisten Salze vorkommen, sind der Würfel, das regelmäßige Oktaëder und die gerade und schiefe rhombische Säule. In würflichen Krystallen findet man viele Haloidsalze, wie die der Alkalimetalle, das Silberchlorid, Eisenchlorür und Fluorcalcium; in Oktaëdern krystallisiren mehrere Nitrate, wie die von Baryt, Strontian, Blei, Quecksilberoxydul, Kobalt, Nickel, die Sulphate der Thon- und Beryllerde und des Kobalts; in geraden rhombischen Säulen die meisten Salze der alkalischen Erden, nämlich ihre Carbonate, Sulphate und Chloride, ferner die Sulphate des Kali, Ammoniak und Mangans und einige Salze der orga-

1) Über den Zusammenhang, in welchem einzelne Salze in dieser Beziehung stehen, vgl. Isomorphie S. 35 und Mitscherlich, in Poggenдорff's Ann. d. Phys. u. Chem. 19. S. 449—459 u. 39. S. 196—199 (pharm. Centralbl. 1837. S. 28—30) u. Baillart ebendaf. 31. S. 196.

nischen Säuren, wie das neutrale und saure weinsäure und das neutrale oxalsaure Kali. Bei Chlorbaryum wird die rhombische Säule zur Tafel, und bei Kalisulphat, Kali- und Kaltnitrat durch Abstumpfung der scharfen Seitenkanten zur sechsseitigen Säule. In schiefen rhombischen Säulen krystallisiren die meisten Salze des Natrons und die der meisten organischen Säuren. Die übrigen Krystallformen kommen, wenigstens bei künstlich dargestellten Salzen, nur ausnahmsweise vor, so z. B. das Tetraëder bei chlor- und bromsaurem Natron, beim Kupferchlorür, bei den basischen Doppelsalzen der Blei- und Kupferchloride mit den Chloriden der Alkalien und alkalischen Erden, die quadratische Säule bei arseniksaurem Kali, Bleichlorid und Quecksilberchlorür, die quadratische Tafel bei Kaliumeiseneyanür, das Rhomboëder bei salpetersaurem Natron und weinsäurem Antimonorydalkali, beim natürlich vorkommenden Kalk- und Talkerdecarbonat (Kalk- und Talkspath), während der kohlensäure Kalk auch in geraden rhombischen Säulen vorkommt (Aragonit), die gerade rectanguläre Säule beim phosphorsauren Ammoniak und doppeltchromsauren Kali, die schiefe rhomboëdrische Säule beim schwefelsauren Kupferoryd und bei mehreren Silicaten (s. d. A.)

Die Salze der Alkalien, der alkalischen und eigentlichen Erden sind Farbe. im krystallinischen und glasartigen Zustande farblos, als Niederschläge weiß. Die Salze der Schwermetalle zeigen, wie ihre Dryde, die mannichfaltigsten Färbungen. Häufig ist jedoch die Farbe einiger oder aller Salze ganz verschieden von der des entsprechenden Dryds.

Farblos sind die Salze des Cerium- und Manganoryduls, des Silberoryds, des Lanthans, Zinks, Bleis, Cadmiums, Zinns, Wismuths, Quecksilbers, Titans und Antimons nebst einigen Tellursalzen. Selbe Salze bildet Cerium-, Eisen- und Uranoryd, Palladiumorydul, Gold und zum Theil Wolfram; grüne Nickel, Strontiumorydul und zum Theil Kupfer, Chrom, Uranorydul, Wolfram, Tellur und Eisenorydorydul; blaugrüne Eisenorydul, blaue Vanadium und zum Theil Kupfer und Eisenorydorydul<sup>1)</sup>; violette Manganoryd und zum Theil Chromoryd; rothe oder rothbraune Kobalt, Strontiumsesquiorydul, Strontiumoryd und zum Theil Wolfram und Molybdän; braune Silberorydul und zum Theil Strontium und Osmium; schwarze zum Theil Eisenorydorydul und Tellur.

Mit den gefärbten Metallsäuren bilden auch jene Dryde farbige Salze, deren Verbindungen mit nichtmetallischen Säuren farblos erscheinen, und die Farbe der übrigen, welche überhaupt farbige Salze erzeugen, erfährt dadurch eine Mischung mit der Farbe dieser Metallsäuren.

Auch das Jod bildet gefärbte Verbindungen mit manchen Metallen, welche sonst farblose Salze bilden. So ist das Quecksilberjodür gelblichgrün,

1) Wenn nämlich Dryd und Drydul in demselben relativen Verhältnisse wie Cyanür und Cyanid im Berlinerblau ( $3\text{FeCy} + 2\text{FeCy}_2$ ) stehen, d. h. wo beide Dryde gleich viel Sauerstoff oder Haloid enthalten; so in einem analogen Sulphat und Phosphat. Vgl. Berzelius, Lehrb. d. Chemie. 5. Aufl. III. S. 620 u. 624.



Blei- und Silberjodid gelb, Quecksilber- und Antimonjodid roth, Zinn- und Bismuthjodid braun.

Von den übrigen Säuren und Haloiden ist die Farbe der Salze selten abhängig.

**Auflöslichkeit.**

Die Salze zeichnen sich vor den Dryden und Schwefelmetallen durch ihre allgemeine Auflöslichkeit aus. Während von letzteren wenigstens die Schwermetallverbindungen fast ohne Ausnahme so gut wie unauflöslich sind, lösen sich die meisten Verbindungen aller Basen mit den stärkeren Säuren in beträchtlichen Mengen in Wasser auf. Die Nitrate und Chlorete sind fast ohne Ausnahme und auch die übrigen Haloidsalze nebst den Sulphaten bei weitem dem größten Theile nach in Wasser, und von den Haloidsalzen auch viele in Weingeist löslich. Viele Salze zerfließen schon an der Luft, wie die Nitrate der alkalischen und eigentlichen Erden, ferner viele Nitrate und die meisten Chlorete der Schwermetalle. Manche werden bloß feucht, ohne zu zerfließen, wie das salpetersaure Natron. Die Salze der schwächeren Säuren, wie der Kohlen-, Borax-, Phosphor- und Kieselsäure und der Metallsäuren sind unauflöslich. Nur bei sehr starken Basen, wie die Alkalien, sind sie auflöslich. Im Ueberschuß ihrer oder einer andern Säure lösen sich viele (als saure Salze) leicht.

Unter allen Salzen lösen sich die sauren am allgemeinsten und in größter Menge in Wasser auf, am wenigsten aber die basischen. Löst sich daher ein basisches oder ein Neutralsalz nicht in Wasser auf, so läßt es sich doch fast immer durch einen Ueberschuß seiner oder einer andern (namentlich einer Mineral-) Säure in Wasser leicht auflösen.

Manche Neutralsalze schwächerer Basen, wie die des Antimon- und Bismuthoxyds, werden beim Auflösen in Wasser in ein unauflösliches basisches und in ein auflösliches saures Salz zerlegt. Ein Zusatz von Säure, welcher die ganze Menge des Salzes in ein saureres verwandelt, bewirkt daher eine vollständige Auflösung. Die Salze des Eisenoxyds und anderer schwacher Basen, wie Zirkon- und Thonerde, Cer- und Zinnoryd, Titan-, Tantal- und tellurige Säure, in gewisser Hinsicht auch Molybdän-, Wolfram- und Vanadinsäure werden beim Erhitzen als basische Salze gefällt, während ein Theil der Säure entweicht und zwar bei um so niedrigerer Temperatur, je verdünnter die Auflösung ist.

Die Löslichkeit oder Unlöslichkeit der Salze nebst der ihrer Dryde ergibt sich aus nachstehender

T a b e l l e

über das Verhalten der häufiger vorkommenden Salze zu den gewöhnlichen Lösungsmitteln.

Von den Ziffern bedeutet: 1 löslich in Wasser, 2 nicht oder schwer löslich in Wasser, aber löslich in Säuren, 3 unlöslich in Wasser und Säuren, 1-2 schwer löslich in Wasser, leicht löslich in Säuren. 0 bedeutet, daß die Verbindung nicht existirt, und ein leeres Fach, daß man sie noch nicht oder wenig kennt. Die Haloidsalze und Schwefelmetalle finden sich in den entsprechenden Columnen des Dryduls und Dryds.

Basen	Löslichkeitsverhältniß der											
	und ihrer Verbindungen mit Säuren, Haloiden und Schwefel.											
	Wasser	Salzsäure	Essigsäure	Bor säure	Phosphorsäure	Chlorsäure	Fluor säure	Schwefelsäure	Salpetersäure	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Salpetersäure
Ammoniak	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Antimonoryd	2	2	2	2	1	1	1	1-2	2	1	2	1
Baryt	1	2	2	2	1	1	1	2	2	1	2	2
Bismutyd	2	2	2	2	1-3	2-3	1	2	2	1	2-3	1-2
Cadmiumoryd	2	2	2	1-2	1	1	1	2	2	1	1	1
Chromoryd	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1
oder	3											
Eisenerd	2	2	2	2	1	1	1	0	1-2	2	1	1
Eisenerzbul	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1-2
Goldoryd					1							
Kalk	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kalk	1-2	2	2	2	1	1	1	2	2	1-2	1-2	2
Kobaltoryd	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	2
Kupferoryd	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	2
Magnesia	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1-2
Manganoryd	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1-2
Natron	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nickeloryd	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	2
Platinoryd	2	2	2	2	(Chlorid) 1	1	2	2	2	2	1	2
Quecksilberoryd	2	2	2	1	1	1-2	1	2	2	2	3	2
Quecksilberoryd	2	2	2	1	1-3	1-2	2	2	2	2	1-2	1-2
Silberoryd	2	2	2	2	3	1	3	2	2	2	1	2
Strontian	2	1	2	2	1	1	1	2	2	2	1	2
Thonerde	2	2	2	2	1	1	0	0	2	2	1	2
Wismuthoryd	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	1	2
Zinkoryd	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	2
Zinnoryd	2	2	2	2	1	2	1	0	2	2	1	2
oder	3											
Zinnoryd	2	2	2	2	1	2	1	0	2	2	1	1-2

1) Antimonjodid wird durch Wasser in Jodwasserstoffsäure und Antimonoryd zerlegt, ebenso Zinnjodid.

2) Borsäures Quecksilberoryd wird auf nassem Wege nicht erhalten und durch Schmelzen dargestellt wird es beim Kochen mit Wasser zerlegt.

3) Wird im Wasser in Thonerde und Schwefelwasserstoff zerlegt.

4) Zerlegt sich in Jodwasserstoffsäure und zweifach basisches Zinnwismuth.

Das Wasser nimmt zuweilen von zwei Salzen zusammen mehr von jedem derselben auf, als wenn dieselben einzeln darin aufgelöst werden, wahrscheinlich, weil sie sich entweder gegenseitig in löslichere Salze zerlegen, oder sich zu leichter löslichen Doppelsalzen verbinden<sup>1)</sup>).

Gewöhnlich nimmt die Löslichkeit mit der Temperaturerhöhung zu, jedoch nicht immer in geradem Verhältnisse. Oft nimmt sie auch bei manchen höheren Temperaturgraden wieder ab, was daher rühren mag, daß manche Salze bei gewissen niedrigeren Temperaturen mehr Krystallmassen bilden, als bei höheren.

Die Auflösungen einiger basischen Salze, wie von Eisenoryd und Thonerde, trüben sich jedoch beim Erhitzen aus einem andern Grunde, nämlich, weil sie sich dabei in ein mehr basisches unauflösliches und ein weniger basisches auflösliches Salz zerlegen.

Geschmack.

Mit der Auflöslichkeit hängt auch hier wieder der Geschmack zusammen. Der Geschmack eines Salzes ist um so auffallender, je leichter auflöslich dasselbe ist, und die unlöslichen Salze sind fast geschmacklos. Der eigenthümliche Eindruck, welchen die Salze auf der Zunge hervorbringen, läßt sich mit nichts Anderem vergleichen, man nennt dies daher den salzigen Geschmack. Er hat bei vollkommener gegenseitiger Neutralisation von Basis und Säure mit keiner der beiden letzteren etwas gemein. Obgleich er dem sauren und basischen oder laugenhaften Geschmack an Stärke wenig nachgibt, so ist er doch auch bei stärkerer Einwirkung nicht, wie jene, mit Verletzung und Schmerzgefühl verbunden. Nur die Verbindungen starker Basen mit schwachen Säuren, wie die kohlensauren Alkalien oder starker Säuren mit schwachen Basen, wie die Salze mehrerer Schwermetalle, schmecken ägend scharf, doch in weit geringerem Grade, als die starken auflöslichen Basen, — die Alkalien — im freien Zustande. Der Geschmack weicht in diesen Fällen wenig von dem der freien Basis oder Säure ab. Basische Salze zeigen in der Regel, wegen ihrer geringen Auflöslichkeit einen nur schwachen Geschmack, die sauren Salze besitzen gewöhnlich den wenig veränderten Geschmack der freien Säure. Bei den Salzen der Alkalien und alkalischen Erden ist der Geschmack im Allgemeinen bitter, nur bei den Haloidsalzen des Kaliums und Natriums zeigt er eine angenehme saure Schärfe. Die Salze der Erden und Schwermetalle zeichnen sich aus durch einen zusammenziehenden Geschmack. Derselbe ist bei den Erden nicht besonders unangenehm und erinnert nebenbei an den Geschmack der treffenden Säure, bei den Sulphaten derselben ist er anfangs zuckerförmig und erst hintennach zusammenziehend. Bei den Schwermetallsalzen wird dieser zusammenziehende Geschmack höchst widerlich herb, gemischt mit einem eigenthümlichen Nebengeschmack, welcher verschieden ist nach der Art des Metalles. Man hat daher diesen Geschmack den „metallischen“ genannt.

1) Vgl. auch Karsten, über die gleichzeitige Auflösung mehrerer Salze in Wasser in Erdmann's Journ. f. prakt. Chem. 22. S. 247—250; pharm. Centralbl. 1841. S. 154—157.

Ein auffallender Geruch ist nur bei sehr wenigen Salzen wahrzunehmen, so bei einigen flüchtigen, wie beim kohlen-sauren Ammoniak der ur-nöse Geruch nach Ammoniak, beim Chloraluminium ein Geruch nach Salz-säure, bei Zinn- und Antimonchlorid ein eigenthümlicher scharfer Geruch, oder bei solchen, welche, durch die Kohlensäure der Luft zer-setzt, eine rie-chende Säure entwickeln, wie der Chlorkalk, das Cyan-kalium, mehrere schwefligsauren und buttersauren Salze. Außerdem entwickeln nur die Schwer-metallsalze einen wahrnehmbaren Geruch, doch ist derselbe im Allgemeinen sehr schwach und nur bei den Salzen des Eisens und Zinns von einiger Stärke.

Fast alle Salze üben auf den thierischen Organismus eine nachthei-lige Wirkung, wenn sie in den Nahrungs-kanal gebracht werden; einige, wie die Verbindungen der als giftig bezeichneten Dryde (vgl. S. 177) mit Säuren und Basen schon in sehr kleinen, die übrigen erst in größeren Quantitäten. Am wenigsten nachtheilig sind in dieser Beziehung die Ver-bindungen der Alkalien und der Magnesia mit den nichtmetallischen Säu-ren, sie wirken, auch in großer Menge, bloß purgirend, etwa mit Aus-nahme ihrer Cyanete. Letztere verlieren jedoch ihre Giftigkeit, wenn sie Doppelsalze mit gewissen Schwermetallcyaneten bilden. So ist z. B. das Cyan-kalium eines der heftigsten Gifte, während das Kaliumeisencyanür bloß eine purgirende Eigenschaft besitzt.

Wirkung der Salze auf den thierischen Organismus.

Schädlicher sind die löslichen Salze der übrigen alkalischen Erden, während die unlöslichen, wie die kohlen-saure Kalkerde, bloß in großen Massen durch mechanische Anhäufung schaden. Wenn schon das Droyd an und für sich giftig ist, wie der Baryt, so wirken auch die unlöslichen Salze giftig. Von den wirklichen Erden weiß man bloß, daß der Alaun (schwefelsaure Kali-Thonerde) in kleinerer Menge zusammenziehend und verstopfend, in größerer abführend wirkt.

Unter den Schwermetallen, deren Dryde man nicht zu den Giften rechnet, sind eigentlich bloß die Wirkungen der Eisensalze genauer bekannt. Sie wirken ähnlich dem Alaun zusammenziehend und verstopfend, zugleich aber auch stärkend durch ihre Beziehung zum Blut. Bei größeren Men-gen rufen sie die allgemeinen Wirkungen der Metallgifte hervor, nämlich Erbrechen, schmerzliche Entzündungen der Gedärme und selbst den Tod. Eine eigenthümliche Wirkung zeigen eigentlich nur die Verbindungen des Bleis, welche sich namentlich durch hartnäckige Verstopfung, Abmagerung und langsame Tödtung charakterisirt, während sich bei den übrigen Metall-giften gewöhnlich Durchfall mit dem Erbrechen verbindet und der Tod in der Regel sehr frühzeitig erfolgt. Doch bilden auch die Schwermetalle zu-weilen unter einer ganzen Reihe von giftigen Salzen einzelne fast ganz un-schädliche Verbindungen. So ist das Quecksilberchlorid, wie die meisten übrigen Quecksilbersalze, ein starkes Gift, das Chlorür dagegen auch in großen Quantitäten bloß ein Abführungsmittel, und wird nur bei anhal-tendem Gebrauche schädlich.

Einige Salze, wie Kochsalz, Kalk- und Bittererdepheosphat, werden mit den Nahrungsmitteln in kleinen Mengen assimiliert. Die übrigen Salze

werden zwar bisweilen im Organismus zerlegt, dieser sucht sich aber derselben durch vermehrte Ausscheidungen auf alle Weise zu entledigen, und erkrankt oder unterliegt, wenn ihm dies nicht gelingt.

Die Wirkung der Salze auf die Pflanzen s. im speciellen Theil.

Chemisches  
Verhalten.

Die Neutralsalze verändern die Pflanzenfarben in der Regel nicht, aber die sauren röthen und die basischen bläuen Lackmus. Ebenso wird es von Salzen mit starker Basis und schwacher Säure, wie die Carbonate und Borate der Alkalien, gebläut und von Salzen mit schwacher Basis und starker Säure, wie die Salze der Erden und Schwermetalle, geröthet. Salpetersaures Silberoxyd röthet es nicht.

Krystall-  
wasser.

Die Salze verbinden sich nicht bloß mit Körpern von gleicher Stufe der Zusammensetzung, d. h. unter einander selbst, zu Doppelsalzen, sondern auch mit Verbindungen erster Ordnung, nämlich mit Säuren und Basen zu sauren und basischen Salzen und mit gewissen Mengen von Wasser, welches entweder ganz oder nur zum Theil zur Krystallbildung nöthig ist. Man bezeichnet gewöhnlich die ganze Menge dieses chemisch gebundenen Wassers mit „Krystallwasser.“

Manche Salze, wie die Haloidsalze und Nitrats der Alkalien und besonders viele Salze des Kali und Silberoxyds, krystallisiren aus ihren wässerigen Auflösungen, ohne daß sie Krystallwasser binden. Andere, wie die Natron- und Magnesiumsalze, krystallisiren fast nie anders, als mit Wasser. Das gewöhnlichste Verhältniß ist, daß sich ein Atom Salz mit 1 bis 7 Atomen Wasser verbindet. Bei manchen Salzen geht jedoch diese Wassermenge weit höher, bei den verschiedenen Arten des Alauns bis 24 und beim phosphorsauren Natron zu 25 Atomen. Ein und dasselbe Salz kann unter verschiedenen Umständen eine ungleiche Anzahl von Wasseratomen binden und für jede verschiedene Anzahl eine verschiedene Krystallform annehmen. Dies geschieht namentlich durch Krystallisation bei verschiedenen Temperaturen.

Manche Salze verlieren dieses Wasser durch Verwittern ganz oder theilweise wieder an der Luft, so daß der Rest erst durch Erhitzen entweicht. Die meisten Salze werden bei  $+ 100^{\circ}$  C. vollkommen wasserfrei, einige nur bis auf 1 oder 2 Atome, die sie erst bei höherer Temperatur verlieren.

Salze, welche ihr Krystallwasser in der Wärme verloren haben, ohne dabei zu schmelzen, sind sehr hygroskopisch. Sie verbinden sich mit dem aus der Luft angezogenen Wasser entweder in dem früheren oder in einem andern Verhältniß.

Veränderung  
an der Luft  
bei gewöhn-  
licher Tempe-  
ratur.  
Verwitterung

Die meisten Salze erhalten sich an der Luft unverändert. Nur wenige verwittern durch Wasserverlust, indem sie zu Pulver zerfallen, wie besonders die Natronsalze, oder nur zum Theil, indem sie sich oberflächlich trüben, wie der Alaun, Borax und Kupfervitriol. Die Salze von schwachen Säuren und Basen erleiden dadurch eine Verwitterung, daß sie von der Kohlensäure der Luft zerlegt werden, wie essigsaures Blei- und Kupferoxyd. In Auflösungen, ebenso bei der Vermischung und Verdauung

organischer Körper verwandeln sich auch die Salze der stärksten Basen, wenn sie schwache organische Säuren enthalten, wie das wein-, äpfel-, citronensaure Kali etc., unter Zersetzung der Säure in kohlensaure Salze. Andere Salze verwittern durch Sauerstoffaufnahme aus der Luft. So verwandeln sich die Krystalle des grünen Vitriols (schwefelsauren Eisenoxyduls) allmählig in eine braungelbe Masse (Drydsulphat). Ist das Verwitterungsprodukt leicht auflöslich, so kann es auch zerfließen, wie das bei der Verwitterung des Feldspath's (Kalithonerdesilicat) entstehende kohlensaure Kali, welches nebst der Kieselsäure ausgelaugt wird und das Thonerdesilicat für sich zurückläßt.

Beim Erhitzen schmelzen die Krystallwasser enthaltenden Salze in diesem Wasser, man nennt dies den **wässerigen Fluß**. Bei fortgesetzter Erhitzung verdampft das Wasser und die Masse wird wieder fest. Feuerbeständige Salze kommen dann durch Steigerung der Temperatur bis zum Glühen aufs Neue in Fluß — **feuriger Fluß**. Beim Erkalten erstarren sie entweder zu undurchsichtigen Massen (**Schmelz, Email**), wie die Sulphate und Phosphate der alkalischen Erden, oder zu durchsichtigen Massen (**Glas**), wie die meisten Phosphate, Silicate und Borate.

Verhalten bei  
höherer Tem-  
peratur.  
Schmelzbar-  
keit.

Im Allgemeinen sind am leichtesten schmelzbar die Salze des Lithions, etwas schwieriger die des Natrons, dann die Kalisalze, schwieriger noch die Salze des Kalks und noch schwerer die Baryt- und Strontiansalze. Berücksichtigt man die Säure oder den elektronegativen Bestandtheil des Salzes, so sind am leichtesten schmelzbar die Chlorete von Zinn, Blei, Silber, Quecksilber und Antimon; ihnen folgen die Nitrate, dann die Chlorete und endlich die Sulphate der Alkalien und alkalischen Erden. Durch allgemeine Schmelzbarkeit zeichnen sich besonders die Silicate, Borate und Phosphate aus. Die Carbonate sind mit Ausnahme der alkalischen unschmelzbar. Die Salze der Erden und Schwermetalle, mit Ausnahme der Silicate, Borate, Phosphate und einiger Chlorete, so wie sämtliche Carbonate außer den alkalischen, werden beim Erhitzen, noch vor dem Schmelzen, unter Zurücklassung von Dryd oder basischem Salz, zersetzt, die Nitrate aber ohne Ausnahme, theils vor, theils nach dem Schmelzen.

Die meisten Salze erfordern Glühhitze zum Schmelzen, manche werden aber auch weit früher flüssig, so die alkalischen Nitrate noch weit unter Glühhitze, Cyankalium bei schwachem, am Tageslichte gar nicht sichtbaren Rothglühen; Zinnchlorid selbst bei einer Kälte von 29° C.

Die Verbindungen der Alkalien und alkalischen Erden mit organischen Säuren werden in der Hitze in kohlensaure Salze zersetzt, die der Schwermetalle werden dabei in freies Dryd oder in Metall verwandelt.

Doppelsalze schmelzen in der Regel weit leichter, als die Salze, aus denen sie bestehen, für sich. So wird das kohlensaure Natron weit leichter flüssig durch Zusatz eines Äquivalentes kohlensauren Kalis, obgleich letzteres für sich weit schwerer schmilzt, als das kohlensaure Natron. So erhält man durch Zusammenschmelzen von 2 Äq. schwefelsauren Natrons mit 1 Äq. Chlornatrium und von Kalisulphat mit Natronsulphat sehr leicht

flüssige Verbindungen, während diese Salze für sich einer starken Glüh-  
hize zum Schmelzen bedürfen. Das Gemenge von Natronsulphat mit  
Chlornatrium eignet sich insbesondere als Decke für gewisse Substanzen,  
welche bei Luftabschluß erhitzt werden sollen, weil es nicht, wie das letztere,  
beim Erstarren springt.

**Flüchtigkeit.** Manche Salze verflüchtigen sich beim Erhitzen, wie die Carbonate  
und Haloidsalze der Alkalien und mehrere Chlorete der Schwermetalle. Am  
leichtesten verflüchtigen sich die Ammoniaksalze. Enthalten letztere feuerbe-  
ständige Säuren, so entweicht bloß das Ammoniak mit Zurücklassung der  
Säure.

**Verhalten zu Säuren und Basen.** Von Säuren werden basische Salze je nach der Menge der ersteren  
in neutrale oder basische Salze verwandelt; die neutralen Salze werden  
nur von stärkeren Säuren, als die ihrige ist und zwar dann zur Hälfte  
in ein Neutralsalz der vorhandenen und zur Hälfte in ein saures Salz  
der hinzutretenden Säure verwandelt, wenn die Menge der letzteren nur  
für die Hälfte ihrer Basis hinreicht. Schwächere Säuren haben in klei-  
nerer Menge keine Einwirkung, in größerer ziehen sie einen Theil der Ba-  
sis an, so daß zwei saure Salze entstehen. Saure Salze werden, wenn  
sie schon im höchsten Verhältniß mit ihrer Säure in Verbindung stehen,  
von einer weiteren Menge ihrer oder einer schwächeren Säure nicht ver-  
ändert. Ist dagegen die Säure stärker, so werden sie davon entweder zum  
Theil zersetzt, oder, wenn sie für die ganze Menge der Basis ausreicht, so  
werden sie wie die basischen und neutralen Salze vollständig in Neutral-  
oder saure Salze der letzteren Säure verwandelt.

Kommt eine freie Basis zu einem sauren Salze, so theilt sie sich  
mit der Basis des Salzes in die Säure, es entsteht ein neutrales Dop-  
pelsalz. Neutrale und basische Salze werden nur von stärkeren Basen,  
als die ihrigen zersetzt.

Für die Ordnung, in welcher eine Säure oder Basis eine andere aus  
einem Salze verdrängt, läßt sich kaum ein allgemein giltiges Gesetz auf-  
stellen, weil die Reihenfolge der Säuren bei jeder Basis und die der Ba-  
sen bei jeder Säure verschieden ist. Am häufigsten folgen sich die am mei-  
sten vorkommenden Säuren in nachstehender Ordnung: Schwefelsäure,  
Salpetersäure, Salzsäure, Jodwasserstoffsäure, Phosphorsäure, schweflige  
Säure, Borsäure, Kohlensäure, Schwefelwasserstoffsäure, Cyanwasserstoff-  
säure. Es folgt nun zuerst eine Verwandtschaftstafel der Reihenfolge der  
verschiedenen Säuren für die verschiedenen Basen und dann die der Basen  
nach Kastner, worin die voranstehende gewöhnlich die nachfolgende aus ihrer  
Verbindung mit der angegebenen Basis oder Säure abzuscheiden vermag.

Verwandt-  
schaftstafel  
der Säuren  
auf nassem  
Weg.

**Kali:** Schwefelsäure, Salpetersäure, Chlornasserstoff-, Phosphor-,  
Fluornasserstoff-, Oxal-, Weinsäure, Arsenik-, Bernstein-, Citronen-,  
Äpfel-, Ameisen-, Essig-, Benzoe-, Borax-, Chrom-, schweflige, salpetrige,  
Kohlen-, Cyanwasserstoff-, Schwefelwasserstoff-, arsenige und Kieselsäure,  
Thonerde, Fettsäuren, Wasser.

Dasselbe nach Smelin: 2 Atome Polybänsäure, Unterschwefelsäure, Chromoxyd, 2 At. Kieseläure, 2 At. Weinsäure, Schwefel-, Selen-, Salpeter-, Überjod-, Überchlor-, Fluorwasserstoff-, Chlornasserstoff-, Phosphor-, Arsenit-, Jod-, Brom-, Chlor-, Bromwasserstoff-, Chrom-, phosphorige, Jodwasserstoff-, selenige, salpetrige, schweflige, Übermangan-, Mangan-, Borax-, Kohlen-, arsenige, Selenwasserstoff-, Schwefelwasserstoff- und Cyanwasserstoffsäure.

**Natron** und **Ammoniak** verhalten sich zu den Säuren wie Kali.

**Lithion**: Phosphor-, Schwefel-, Essig- und Kohlensäure.

**Baryt**: Schwefel-, Oxal-, Bernstein-, Fluorwasserstoff-, Salpeter-, Chlornasserstoff-, Phosphor-, Citronen-, Weinstein-, Arsenit-, Essig-, Bor-, schweflige, salpetrige und Kohlensäure, Chlor-, Cyanwasserstoffsäure, Fettsäuren, Wasser.

**Strontian**: Schwefel-, Phosphor-, Oxal-, Weinstein-, Salpeter-, Chlornasserstoff- und Bernsteinsäure.

**Kalk**: Oxal-, Schwefel-, Wein-, Bernstein-, Phosphor-, Salpeter-, Chlornasserstoff-, Fluorwasserstoff-, Kork-, Arsen-, Citronen-, Benzoe-, Essig-, Borax-, Kohlen-, Schwefelwasserstoff-, Cyanwasserstoff- und arsenige Säure, Thonerde, Fettsäuren, Wasser.

**Magnesia**: Oxal-, Schwefel-, Fluorwasserstoff-, Arsenit-, Bernstein-, Salpeter-, Chlornasserstoff-, Phosphor-, Weinstein-, Citronen-, Äpfel-, Essig-, Borax- und Kohlensäure.

**Thonerde**: Schwefel-, Salpeter-, Chlornasserstoff-, Oxal-, Arsenit-, Fluorwasserstoff-, Weinstein-, Bernstein-, Honigstein-, Phosphor-, Essig- und Boraxsäure, Farbstoffe, Fettsäuren, Wasser.

**Manganoxyd**: Gallus-, Oxal-, Citronen-, Phosphor-, Weinstein-, Fluorwasserstoff-, Chlornasserstoff-, Schwefel-, Bernstein-, Arsenit-, Essig-, Cyanwasserstoff- und Kohlensäure.

**Eisenoxyd**: Gallus-, Oxal-, Weinstein-, Schwefel-, Chlornasserstoff-, Phosphor-, Arsenit-, Bernstein-, Citronen-, Borax- und Kohlensäure.

**Kobaltoxyd**: wie Eisenoxyd.

**Nickeloxyd**: Gallus-, Oxal-, Chlornasserstoff-, Schwefel-, Weinstein-, Salpeter-, Phosphor-, Bernstein-, Essig-, Arsenit-, Borax- und Kohlensäure.

**Kupferoxyd**: Gallus-, Weinstein-, Chlornasserstoff-, Schwefel-, Arsenit-, Phosphor- und Kohlensäure.

**Silberoxyd**: Gallus-, Chlornasserstoff-, Knall-, Oxal-, Schwefel- und Phosphorsäure, Fettsäuren, Salpeter- und Essigsäure.

**Quecksilberoxyd**: Gallus-, Chlornasserstoff-, Oxal-, Bernstein-, Arsenit-, Phosphor-, Schwefel-, Weinstein- und Salpetersäure.

**Wiooxyd**: Gallus-, Schwefel-, Oxal-, Arsenit-, Weinstein-, Phosphor-, Chlornasserstoff-, Fluorwasserstoff-, Bernstein-, Essigsäure und Fettsäuren.

**Zinnoxyd**: Gallus-, Chlornasserstoff-, Schwefel-, Oxal-, Weinstein-, Arsenit-, Phosphor- und Bernsteinsäure.



**Zinkoryd:** Gallus-, Dyal-, Schwefel-, Weinstein-, Phosphor-, Citronen-, Bernstein-, Borax- und Kohlensäure.

**Bismuthoryd:** Gallus-, Dyal-, Arsenit-, Weinstein-, Phosphor-, Schwefel-, Salpeter-, Chlornasserstoff-, Fluornasserstoff-, Citronen-, Essig-, Cyanwasserstoff-, Kohlensäure und Fettsäuren.

Verwandtschaftstafel  
der Basen auf  
naßem Wege.

Die Verwandtschaft der Basen zu den Säuren folgt nach Dumas im Allgemeinen etwa in nachstehender Ordnung: Kali, Natron, Lithion, Baryt, Strontian, Kalk, Eisenorydul, Manganorydul, Blei-, Silber-, Cadmiumoryd, Quecksilberorydul, Quecksilber-, Zink-, Kupferoryd, Thonerde, Eisen-, Mangan-, Antimonoryd, Zinnorydul, Bismuth-, Platin-, Gold-, Zinnoryd. Für die einzelnen Säuren gelten folgende Reihen:

**Schwefelsäure:** Baryt, Strontian, Kalk, Kali, Natron, Lithion, Ammoniak und Magnesia, Thonerde und Schwermetallorydulse, Schwermetalloryd.

Dieselbe nach Gmelin: Baryt, Strontian, Kali, Natron, Lithion (?), Kalk, Magnesia, Bleioryd, Ammoniak, Eisenorydul, Zink-, Nickel-, Kobalt- und Kupferoryd, Thonerde, Eisenoryd.

**Chlornasserstoffsäure:** Kali, Natron, Baryt, Strontian, Kalk, Ammoniak und Magnesia, Thonerde, Zirkonerde, Schwermetalloryd.

Dieselbe nach Gmelin: 4 At. Bleioryd (als basisches Salz), Kali, Natron, Baryt, Strontian, Kalk, Magnesia, Ammoniak, Kobalt, Nickel, Quecksilber, Ceriumorydul, Zinkoryd, Mangan-, Eisen- und Uranorydul, Goldoryd (?), Kupferorydul, Kupferoryd, Zinnorydul, Beryllerde, Thonerde, Uranoryd, Chrom-, Eisen-, Zinn-, Bismuth- und Antimonoryd.

Dieselbe nach Persoz: Magnesia, Kobalt-, Nickel-, Quecksilberoryd, Ceriumorydul, Zinkoryd, Mangan-, Eisen-, Uran-, Kupferorydul, Kupferoryd, Zinnorydul, Beryllerde, Thonerde, Uran-, Eisen-, Zinn-, Bismuth- und Antimonoryd.

**Fluornasserstoffsäure:** Kalk, Baryt, Strontian, Magnesia, Kali, Natron, Ammoniak, Beryll- und Yttererde, Thonerde, Metallorydulse und Dryde.

**Salpetersäure** nach Gmelin: Kali, Natron, Lithion, Baryt, Strontian, 6 At. Bleioryd, Kalk, Magnesia, Ammoniak, Silber-, Kobalt-, Nickeloryd, Ceriumorydul, Zinkoryd, Manganorydul, Cadmiumoryd, Kupferoryd, Beryllerde, Thonerde, Uranoryd, Chromoryd, Quecksilberorydul, Quecksilberoryd, Eisenoryd, Bismuthoryd.

Dieselbe nach Persoz: Magnesia, Silber-, Kobalt-, Nickel-, Cerium- und Zinkoryd, Manganorydul, Blei-, Cadmium-, Kupferoryd, Beryllerde, Thonerde, Uranoryd, Quecksilberorydul, Quecksilberoryd, Eisenoryd, Bismuthoryd.

**Phosphorsäure:** Kalk, Baryt, Strontian, Lithion, Magnesia, Kali, Natron, Ammoniak, Thonerde.

Dieselbe nach Gmelin: Baryt, Strontian, Kalk, Kali, Natron.  
**Borarsäure** wie Phosphorsäure.

**Kohlensäure wie Schwefelsäure.**

**Drallsäure** nach Smelin: Kalk, Baryt, Strontian, Magnesia, Kali, Natron, Ammoniak. Nach Kastner wie Phosphorsäure.

**Weinsteinsäure wie Drallsäure.**

**Citronensäure:** Baryt, Kalk, Kali, Natron, Strontian, Magnesia, Ammoniak, Thonerde, Schwermetalloryde.

**Benzoesäure wie Phosphorsäure.**

**Bernsteinsäure:** Baryt, Strontian, Kalk, Kali, Natron, Magnesia, Ammoniak, Beryllerde, Thonerde, Metalloryde.

**Effigsäure:** Kali, Natron, Baryt, Strontian, Kalk, Magnesia, Ammoniak, Thonerde, Schwermetalloryde.

**Ameisensäure:** Baryt, Kali, Natron, Ammoniak, Kalk, Magnesia, Thonerde, Metalloryde.

**Äpfelsäure:** Baryt, Strontian, Kali, Natron, Kalk, Ammoniak, Magnesia, Beryll-, Thon-, Zirkonerde, Schwermetallorydule, Dryde.

**Cyanwasserstoffsäure:** Kali, Natron, Ammoniak, Kalk, Baryt, Strontian, Magnesia, Schwermetalloryde.

**Schwefelwasserstoffsäure:** Baryt, Kali, Natron, Magnesia, Kalk, Ammoniak, Schwermetalloryde.

Solche Verwandtschaftstafeln sind indessen nur als Versuche anzusehen, sich der Wahrheit zu nähern, welche durch die allgemeinen Verwandtschaftsgesetze (s. S. 19) eine Unzahl von Ausnahmen erleiden.

Die Salze zersetzen sich nicht selten gegenseitig; so daß jedesmal die stärkere Säure mit der stärkeren Basis in Verbindung tritt und die schwächere Basis der schwächeren Säure überläßt, wenn dies nicht schon zuvor der Fall war. Häufig tritt aber auch der umgekehrte Fall ein, wenn die schwächere Basis mit der stärkeren Säure oder die stärkere Basis mit der schwächeren Säure eine unauflösliche Verbindung bildet. Viele Salze bilden bei ihrem Zusammentreffen entweder ohne oder nach der Zersetzung Doppelsalze, welche sich durch Krystallform, Auflöslichkeit und andere Eigenschaften von den einzelnen Salzen im freien Zustande unterscheiden.

Die Salze werden nicht bloß von Säuren, Basen und andern Salzen zersetzt, sondern auch von gewissen Elementen. Wasserstoff wirkt, aber nur im Augenblicke seines Freiwerdens, desoxydirend auf die Salze mancher Dryde, z. B. das des Eisens, welches dadurch in Drydul übergeht. Schwefel wirkt auf nassem Wege für sich nicht auf die Salze, wohl aber werden die der Schwermetalle durch doppelte Wahlverwandtschaft mittelst Schwefelwasserstoff oder ein lösliches Schwefelmetall in unauflösliche Schwefelmetalle verwandelt, indem sich der Sauerstoff der Salzbasis mit dem Wasserstoff des Schwefelwasserstoffs oder mit dem Metall des einwirkenden Schwefelmetalles verbindet. Manche Drydsalze, wie die des Eisenoryds, werden davon in Drydulsalze verwandelt. Auch Phosphor reducirt die Salze schwierig desoxydirbarer Schwermetallorydsalze zu Drydulsalzen, z. B. die des Eisenoryds, leichter reducirbare, wie die Kupferorydsalze, vollständig zu Metall. Das Chlorgas bewirkt die

Verhalten der Salze zu andern Salzen.

Verhalten der Salze zu Wasserstoff, Schwefel, Phosphor, Chlor und Kohle auf nassem Wege.

vollkommene Drydation der Drybule in Salzen durch Wasserzersetzung, indem es dessen Wasserstoff anzieht, so daß der Sauerstoff auf das Drybul übergeht.

Die Kohle übt zwar auf nassem Wege keine chemische Wirkung auf die Salze, wohl aber jene mechanische, vermöge welcher sie überhaupt in Flüssigkeiten aufgelöste Substanzen an ihrer Oberfläche festhält. Sie vermag, wenn sie in gehöriger Menge angewendet wird, namentlich basische Schwermetallsalze so vollständig aus ihren Auflösungen zu entfernen, daß nichts mehr in der Flüssigkeit zurückbleibt. Mehrere Neutralsalze dagegen werden davon aus ihrer wässerigen Auflösung nicht niedergeschlagen.

Die reducirenden Wirkungen regulinischer Metalle auf Salzlösungen sind schon S. 146 berücksichtigt worden.

Verhalten zu  
organischen  
Stoffen.

Viele organische Substanzen, wie die verschiedenen Zuckerarten, Stärkmehl, Weingeist, Kreosot, manche Pflanzenbasen, wie Cinchonin und Morphinum, und selbst mehrere organische Säuren, wie Ameisensäure, Citronen-, Essig- und Weinsäure verwandeln, besonders beim Erwärmen, die Dryde der Schwermetallsalze in Drybule. Aber nur Quecksilber und die edlen Metalle werden dabei regulinisch gefällt. Die Drallsäure reducirt nur das Gold und hindert selbst bei den übrigen Metallen die Reduction, welche andere desoxydierende Substanzen sonst einleiten.

Die Ordnung, in welcher die verschiedenen Säuren und Basen die Salze auf trockenem Wege zersetzen, ist noch nicht genau entwickelt. Rastner gibt hierüber folgende Zusammenstellung, in der die vorangehende Säure oder Basis immer die nachfolgende aus ihren Verbindungen zu verdrängen vermag:

Verwandtschafts-  
stufen der Säuren  
auf trockenem  
Wege.

Kali: Phosphor-, Borax-, Arsenik-, Wolfram-, Mangan-, Kieselsäure, Thonerde, Schwefelsäure. — Eben so Natron und die alkalischen Erden.

Thonerde als Basis: Phosphorsäure, Boraxsäure.

Dieselbe als Säure: Baryt, Strontian, Kalk.

Kieselsäure: Kali, Natron, Schwermetalloryde.

Erkennung  
der Salze

auf trockenem  
Wege.

Um die Natur eines Salzes zu erkennen, verfährt man nach der allgemeinen Regel der Untersuchung, d. h. man unterwirft es nach gehöriger Würdigung seiner physikalischen Eigenschaften zuerst einer Prüfung auf trockenem Wege mit dem Löthrohr, insofern diese gewöhnlich den Gang bei der Untersuchung auf nassem Wege bestimmt.

Man untersucht zuerst die Flüchtigkeit und die Schmelzbarkeit für sich oder mit Fluxmitteln, wie Borax oder Phosphorsalz (vgl. S. 180), oder zur Reduction mancher Schwermetalle, oder Aufschließung in Wasser unlöslicher Silicate mit Soda. Die alkalischen Silicate sind alsdann als basische in Wasser, die übrigen in Säuren auflöslich. Beim Erhitzen in einer Glasröhre gibt sich ein Gehalt an Wasser zu erkennen, indem letzteres den kälteren Theil der Röhre mit kleinen Tropfen beschlägt. Viele Salze lassen sich an der Färbung der Flamme erkennen.

Hierauf versucht man das zu untersuchende Salz der Reihe nach in kaltem und kochendem Wasser, Weingeist, Säure (Salz- oder Salpetersäure) oder der Auflösung eines Alkali zu lösen, ermittelt in ersterem Fall die saure, basische oder neutrale Reaction auf Pflanzenfarben und prüft dann zuerst auf die Basis, indem man durch die passenden Reagentien zuerst die Hauptabtheilung, dann die Unterabtheilung, Gruppe und endlich die Art des Metalles zu erforschen sucht.

Erkennung  
der Salze auf  
nemem Wege.

Erhält man durch Schwefelwasserstoff weder für sich, noch auf vorherigen Zusatz von Alkali oder Säure einen Niederschlag, so weiß man, daß die Substanz zu den Salzen der Leichtmetalle gehört, im umgekehrten Fall zu den Schwermetallen. Erhält man hierauf in einer andern Probe durch kohlensaures Ammoniak keinen Niederschlag, so gehört die Basis den Alkalien an, im entgegengesetzten Fall den Erden. Zeigt sich im ersteren Fall auf Zusatz von überschüssiger Weinsäure ein Niederschlag, so zeigt dies Kali, wenn nicht, Ammoniak oder Natron an. Letztere beiden unterscheiden sich wieder dadurch, daß das Ammoniak als flüchtige Basis sich am Geruch zc. (s. d. A. Ammoniak) auf Zusatz von Alkali oder Natron zu erkennen gibt; widrigenfalls wäre Natron vorhanden.

Ermittlung  
der Basis.

Die Abtheilung der Erden läßt sich ebenso wieder in Unterabtheilungen bringen. Erhält man durch Schwefelsäure einen in Salpetersäure unlöslichen Niederschlag, so ist entweder Baryt oder Strontian vorhanden, wenn nicht: Kalkerde, Magnesia oder eine eigentliche Erde, die dann weiter mittheilt den am treffenden Orte aufgeführten Reagentien unterschieden werden.

Erhält man durch Schwefelwasserstoff in der sauren Auflösung einen schwarzen oder sonst gefärbten Niederschlag, so kann die Auflösung alle Schwermetalle enthalten, außer Eisen, Nickel, Kobalt, Mangan, Zinn und Chrom, im Gegentheil die letzteren, nebst Thonerde.

Digerirt man den erhaltenen Niederschlag mit Schwefelwasserstoffammonium, so kann der Auszug (die Flüssigkeit) enthalten Zinn, Platin, Gold, Antimon, Arsenik, während ein sich ergebender Rückstand enthalten könnte Cadmium, Blei, Wismuth, Kupfer, Quecksilber und Silber. Ist nur eines dieser Metalle für sich vorhanden, so erkennt man einige sogleich an der Farbe des Niederschlags, den man auch in der Auflösung von Schwefelwasserstoffammonium wieder durch Zusatz von Säure erhält. So gibt Antimon einen pomeranzengelben, Arsenik und Cadmium einen citrongelben und Zinnoryd einen schmutzigen gelben Niederschlag, die übrigen Metalle aber schwarze oder dunkelbraune Fällungen.

In den letzteren Niederschlägen müssen dann die einzelnen Metalle durch ihre specifischen Reagentien erkannt werden. Man löst daher die ersteren in Salpetersäure oder Königswasser. Kaliumeisencyanür fällt aus der Auflösung das Kupfer mit rothbrauner Farbe, während die übrigen entweder gar nicht, wie Platin, Gold, Antimon und Arsenik, oder mit weißer Farbe gefällt werden.

Mit Schwefelsäure oder schwefelsauren Salzen gibt ein weißer Niederschlag bloß das Blei zu erkennen.

Ein weißer Niederschlag durch Chlornatrium zeigt Silberoryd oder Quecksilberorydul an. Verschwindet der Niederschlag durch Ammoniak, so ist er Silber, bleibt ein schwarzer Rückstand, so ist derselbe Quecksilberorydul.

Erzeugt Kali oder ein Kalisalz einen gelben Niederschlag, so kann derselbe nur Platin — erzeugt Zinnchlorür einen purpurrothen — nur Gold sein. Umgekehrt wird Zinnchlorür durch Goldchlorid erkannt. Kommen Arsenik, Cadmium und Zinn in einem durch Schwefelwasserstoff erzeugten gelben Niederschlag vor, so zieht kohlensaures Alkali blos Schwefelarsenik aus, während sich dann Zinn durch Auflösung in ägendem Alkali von Cadmium trennen läßt.

Die aus einer sauren Auflösung durch Schwefelwasserstoff nicht fällbaren Metalle, nämlich Eisen, Nickel, Kobalt, Mangan, Zink und Chrom werden durch Schwefelwasserstoffammonium niedergeschlagen. Mangan wird dabei mit fleischrother, Zink mit weißer, Chrom mit grüner Farbe, letzteres nicht als Schwefelmetall, sondern als Dryd gefällt.

Eisen unterscheidet sich von Nickel und Kobalt durch den blauen Niederschlag, welchen seine Salze mit Kaliumeisencyanür bilden, während beide andern grün gefällt werden. Aus dem Schwefelniederschlage wird Eisen von verdünnter Salzsäure ausgezogen, während Kobalt und Nickel zurückbleiben. Die Salze des ersteren geben mit Alkali blaue und mit kohlensaurem Kali rosenfarbene, mit Nickel dagegen beide weißlichgrüne Niederschläge. Sind beide Dryde zusammen vorhanden, so werden sie in ägendem Ammoniak gelöst, Alkali schlägt aus dieser Lösung blos Nickeloryd nieder.

Ermittelung  
der Säure  
eines Salzes.

Erst nachdem die Basis ermittelt ist, geht man zur Erforschung der Säure oder des Haloids über, weil man schon auf eine Eintheilung derselben durch die Berücksichtigung geleitet wird, daß die gefundene Basis mit gewissen Säuren lösliche, mit andern unlösliche Salze bildet. Übrigens sucht man auf ähnliche Weise zuerst die Haupt- und Unterabtheilungen der Säuren, und dann jede einzeln durch spezifische Reagentien zu ermitteln.

Inorganische  
Säuren.

Die Metallsäuren werden schon bei dem Auffuchen der Basen gefunden.

Die Kohlensäure gibt sich auf Zusatz von Salzsäure durch Aufbrausen zu erkennen, ebenso die Hydrothionsäure, welche sich durch Zersetzung von Schwefelmetall und Wasser mittelst Salzsäure entwickelt. Letztere unterscheidet sich aber von der ersteren durch den Geruch und durch Schwärzung eines darüber gehaltenen, in Bleisalzlösung getauchten, Papierstreifens.

Eine andere Probe wird mit Chlorbaryum versetzt. Ein in über-schüssiger Salzsäure unauflöslicher Niederschlag zeigt Schwefelsäure an.

Einer mit Ammoniak neutral oder schwach alkalisch gemachten Probe setzt man Gypsauflösung zu. Entsteht ein Niederschlag, so ist derselbe Phosphorsäure, wenn er sich in Essigsäure wieder auflöst, oder Drallsäure, wenn nicht.

Bleibt eine mit Salpetersäure angesäuerte Probe auf Zusatz von salpetersaurem Silberoryd klar, so fehlen Chlor und Jod sicher und Cyan könnte nur an Quecksilber gebunden sein. Um es aber in dieser Verbindung nachzuweisen, versetzt man die Lösung mit Salzsäure und metallischem

Eisen. Metallisches Quecksilber wird abgeschieden, Cyanwasserstoffsäure und Eisenchlorür gebildet. Auf Zusatz von Alkali und nachher von Salzsäure, um das überschüssige Eisenoryd wieder aufzulösen, entsteht ein blauer Niederschlag von Eisencyanürcyanid.

Entsteht dagegen in der sauren Flüssigkeit durch Silbernitrat ein weißer Niederschlag, so hat man Chlor, wenn er sich leicht, und Cyan, wenn er sich schwieriger und erst in größerer Menge von Ammoniak auflöst. Ersteres bestätigt sich, wenn auch salpetersaures Quecksilberorydul einen Niederschlag von Chlorür bildet, im Gegentheil entsteht lösliches Cyanid. Löst sich der Niederschlag gar nicht in Ammoniak, so ist Jod vorhanden, worüber die Stärkemehreaction noch mehr Bestätigung gibt (s. Jod S. 142).

Unlösliche Brommetalle entwickeln beim Erhitzen gelbrothe chlorähnlich riechende Dämpfe, die sich bei hinreichender Menge am kältern Theile des Gefäßes zu kleinen Tropfen von derselben Farbe verdichten. Wird die Auflösung eines Brommetalls mit Chlormasser und Ather geschüttelt, so bleibt oder wird sie farblos; der Ather aber wird braunroth oder gelb.

Das Fluor, die Salpeter-, Bor- und Kieselsäure werden gleichfalls mit den an den treffenden Orten angegebenen Reagentien ermittelt.

Um ein Salz auf eine organische Säure zu untersuchen, welche sich schon durch ihre Verflüchtigung oder Zerstörung unter Hinterlassung eines Carbonats oder freien Metalls vor dem Löthrohre zu erkennen gibt, versetzt man eine Probe der wässerigen Lösung mit Ammoniak bis zur schwach alkalischen Reaction, oder wenn sie schon neutral ist, mit Chlorammonium und dann mit Chlorcalcium. Entsteht kein Niederschlag, so ist weder Drallsäure noch Weinsäure vorhanden. Organische Säuren.

Erhält man aber hierbei einen Niederschlag, so fällt man eine neue Probe mit überschüssigem Kalkwasser. Löst sich der Niederschlag durch Chlorammonium, so ist Weinsäure, wenn nicht, Drallsäure vorhanden.

Ergab die mit Chlorammonium und Chlorcalcium versetzte Flüssigkeit keine Fällung, so erhitzt man zum Kochen und setzt der kochenden Flüssigkeit etwas Ammoniak zu. Eine Trübung zeigt Citronensäure an. Erfolgt keine, so wird eine solche Probe mit Alkohol versetzt, welcher vorhandene Äpfelsäure fällt.

Eine vollkommen neutrale Probe der Auflösung wird ferner mit Eisenchlorid behandelt. Ein zimmetbrauner oder bräunlichweißer voluminöser Niederschlag zeigt Bernsteinsäure, wenn er sich in Salzsäure vollkommen, Benzoesäure, wenn er sich mit Hinterlassung eines weißen Niederschlags (der in Wasser schwer löslichen freien Benzoesäure) auflöst.

Wenn das Eisenchlorid keinen Niederschlag, oder nebst diesem eine tiefrothe Färbung der Flüssigkeit veranlaßt, so kann Essigsäure oder Ameisensäure, auch Melonsäure vorhanden sein, welche man mittelst der unten anzugebenden Reactionen von einander unterscheidet<sup>1)</sup>.

1) Vorstehende Anweisung ist keineswegs hinreichend, um darnach völlige Gewissheit über die Natur eines Körpers zu erhalten, sie soll nur einen beiläufigen

Allgemeine  
Bedeutung  
der Salze.

Die Salze sind wichtig nicht bloß wegen ihrer ausgedehnten technischen Benutzung als solche, sondern auch insofern bei der Darstellung der meisten chemischen Verbindungen und bei den meisten Zersetzungen nur Salze angewendet werden können oder dargestellt werden müssen. Letzteres gilt namentlich von den Schwermetallen und ihren Dryden. Denn gelingt auch die Verbindung dieser Metalle mit Nichtmetallen nicht ausschließlich mittelst der Abscheidung aus ihren Salzen, so beruht doch bei weitem in der Mehrzahl der Zersetzungen das Verfahren lediglich darauf, daß sich Metalle aus Gemengen oder Verbindungen mit andern Stoffen durch ihre Auflöslichkeit als Salze oder ihre Unauflöslichkeit als Dryde, Schwefelverbindungen, oder auch als manche Salze abscheiden lassen. Aus demselben Grunde, weil so wenige Dryde im freien Zustande im Wasser leicht löslich und viele ganz unauflöslich sind, können auch die lebenden Wesen ihren Bedarf an anorganischen Stoffen fast nur in der Form von Salzen in sich aufnehmen.

Die Salze der einzelnen Basen finden bei den treffenden Metallen eine genauere Berücksichtigung. Es bleibt demnach hier nur noch übrig, ihre Eigenschaften nach den elektronegativen Bestandtheilen einer kurzen Würdigung zu unterziehen, mit welchen sie am häufigsten vorkommen. Die wichtigsten Salze sind die Chlorete, Iodete, Fluorete und Cyanete, die Carbonate, Sulphate, Nitrate, Phosphate, Borate, Silicate und Aluminate und die Salze der organischen Säuren. Erstere sollen sogleich, letztere bei den treffenden Säuren abgehandelt werden.

Chlorete.  
Vorkommen.

Die Chlorete der Alkalien, besonders in beträchtlicher Menge das Chlornatrium (Steinsalz), und die schwer oder nicht löslichen der Schwermetalle, wie Quecksilberchlorür (Quecksilberhornerz), Silber- (Silberhornerz), Bleichlorid (Cotunnit), Bleichlorid mit Bleioryd (Bleierz von Mendiff), Bleichlorid mit kohlensaurem Bleioryd (Bleihornerz), Vanadinblei (basisches Bleichlorid mit basisch vanadinsaurem Bleioryd), basisches Kupferchlorid (Atacamit), basisches Eisenchlorid (Pyrosmalith) kommen im Mineralreiche im festen Zustande, die der alkalischen Erden und zugleich auch die der Alkalien kommen im aufgelösten Zustande in kleinen Quantitäten fast in allen Quellwässern, in sehr beträchtlicher Menge aber in Mineral- und Soolwässern und besonders im Meerwasser vor.

Darstellung.

Man erhält die Chlormetalle durch Zusammenbringen von Chlor oder Chlornasserstoffgas mit den glühenden Metallen, leichter durch Auflösen der Metalle in Chlornasserstoffsäure und bei denen, welche zwei Chlorverbindungen bilden, die Chloride durch Auflösen der Metalle in Königswasser oder der Dryde in Salzsäure, und die Chlorüre durch Auflösen der Metalle oder Drydule in Salzsäure. Im ersten Falle entweicht der Wasserstoff der Säure, im zweiten verbindet er sich mit dem Sauerstoff des Dryds zu Wasser.

Begriff geben, wie bei solchen Untersuchungen verfahren wird. Ersteren Zweck erreicht man lediglich durch das Studium eines der S. 2 angegebenen Werke der analytischen Chemie.

Auch bei ihrer Zersetzung durch eine stärkere Säure, wie Schwefelsäure, wird nicht Chlor, sondern wieder Chlornwasserstoffsäure frei, weil sich ersteres sogleich mit dem Wasserstoff des Wassers verbindet, dessen Sauerstoff ans frei gewordene Metall tritt, so daß dann schwefelsaures Dryd entsteht. Man hielt deswegen die Chlormetalle lange Zeit für chlornwasserstoffsaure oder salzsaure Dryde.

Die meisten Chlormetalle kommen krystallisirt vor. Die Chlorete der Alkalien, das Silberchlorid und Eisenchlorür krystallisiren in Würfeln, das Antimonchlorid, sublimirte Quecksilberchlorid und bisweilen auch Chlorammonium in Octaedern. Die Formen der übrigen sind noch nicht genau bestimmt, sie bilden theils kleine dünne Tafeln, welche als Blätter, und dünne Prismen, die als Nadeln erscheinen. Prismen bilden die Chlorete von Strontium, Beryllium, Zirkonium, Thorium, Blei, Kupferchlorid und Quecksilberchlorid; Tafeln die Chlorete von Calcium, Baryum, Yttrium, Mangan, Zink und das Eisenchlorid. Auch ein Tetraëder kommt vor beim Kupferchlorür.

Die Krystalle der alkalischen und einige der auf trockenem Wege dargestellten Schwermetalle sind wasserfrei. Sie sind sehr leicht löslich in Wasser, auch in Alkohol, außer dem Chlorbaryum und einigen Schwermetallchloroten selbst in wasserfreiem, einige, wie Eisen-, Uran- und Quecksilberchlorid, sogar in Äther. Die meisten werden feucht oder zerfließen ganz an feuchter, mehrere auch an trockner Luft. Nur die alkalischen (außer Chlorlithium), dann Chlorbaryum und wenige lösliche Schwermetallchlorote, wie Quecksilberchlorid, ziehen kein Wasser aus der Luft an, Chlornickel zerfließt in feuchter, verwittert aber, wie auch das Chlorcadmium, in trockner Luft. Chlorblei ist schwerauflöslich, Silberchlorid, Quecksilber-, Kupfer-, Gold- und Platinchlorür sind in Wasser unlöslich. Die Chloride der letzteren aber lösen sich leicht. Manche, wie Bismuth-, Zinn- und Antimonchlorid, werden durch Wasser zersetzt in unlösliches basisches und auflösliches saures Salz. Die unauf löslichen neutralen und basischen Chlormetalle lösen sich fast alle in Salpetersäure, die meisten in Schwefelsäure und sämmtlich in Salzsäure. Silberchlorid löst sich nur in concentrirter Salzsäure, Quecksilberchlorür in kochender Salz- und Salpetersäure.

Von den stärkeren Sauerstoffsäuren werden die Chlorete meistens zersetzt und dadurch in Sauerstoffsalze der einwirkenden Säure verwandelt. Vgl. die Verwandtschaftstabelle der Säuren auf nassem Wege S. 194.

Außer den beiden letzteren entwickeln alle mit concentrirter Salpetersäure, vorzüglich beim Kochen Chlor.

Die meisten Chlormetalle werden durch Glühen zersetzt, einige, wie das Chlorkalium und das Chlornatrium, verdampfen bei starker Glüh Hitze unverändert. Das Chlorammonium, Chloraluminium und mehrere Chlorete der Schwermetalle, namentlich der elektronegativen, verflüchtigen sich ziemlich leicht. Manche, besonders von den letzteren, lassen sich selbst destilliren und rauchen an der Luft durch Wasseranziehung.

Chemisches Verhalten auf nassem Wege.

Verhalten bei höherer Temperatur. Die Schmelzbarkeit s. S. 193.



Einige, wie Eisen- und Kobaltchlorid, zersetzen sich beim Erhitzen zum Theil in flüchtiges saures Salz unter Zurücklassung eines basischen. Andere, wie Mangan- und Kupferchlorid, entwickeln Salzsäure und hinterlassen Chlorür. Einige der edlen Metalle werden vollständig zersetzt unter Zurücklassung von freiem Metall, wie Gold- und Platinchlorid. Silberchlorid dagegen schmilzt und verflüchtigt sich endlich unverändert.

Von Kohle werden sie beim Glühen nicht, von Kohle mit Wasserdampf etwas, von Wasserstoff fast sämmtlich reducirt, Silberchlorid auch beim Glühen mit Harzen — durch das dabei erzeugte Kohlenwasserstoffgas.

Von den feuerbeständigen Säuren: Phosphor-, Bor- und Kieselsäure wird das Chlor in der Hitze nur unter Mitwirkung von Wasserdämpfen ausgetrieben, damit das Metall mit dem Sauerstoff des Wassers eine Basis bilden kann, während der Wasserstoff ans Chlor geht. Auch Thonerde wirkt wie diese Säuren.

Erkennung  
der  
Chlormetalle.

Man erkennt die unauflöslichen Chlorete daran, daß sie mit Salpetersäure ächtes Blattgold auflösen und darüber gehaltenes Lackmuspapier bleichen. Quecksilberchlorür und -chlorid ausgenommen, entwickeln alle mit concentrirter Schwefelsäure — viele schon mit verdünnter — Salzsäure, welche man an den weißen Nebeln bei Annäherung eines mit Ammoniaklösung befeuchteten Glasstabes erkennt. Auf Zusatz von Braunstein nebst Schwefelsäure entwickeln sie Chlor, welches man am Geruch und an der Entfärbung von Lackmus und Indigo erkennt.

Die auflöslichen Chlormetalle reagiren auf Silbersalze wie Salzsäure (s. S. 141). Ein Tropfen der Auflösung mit schwefelsaurem Kupferoryd auf polirtes Silber gebracht, schwärzt dies nach einiger Zeit.

Mit einer von Kupferoryd dunkelgrün gefärbten Perle von Phosphorsalz erhitzt, färben alle die Löthrohrflamme einen Augenblick schön blau.

Jodete.  
Vorkommen.

Weit seltener als die Chlorete finden sich die Jodmetalle in der Natur. Die Jodete des Kalium, Natrium, Calcium und Magnesium kommen in verschiedenen Wässern vor, aber immer nur in sehr kleiner Menge, besonders im Meerwasser und darin lebenden Pflanzen und Thieren, auch in mehreren Mineralquellen, z. B. in der Adelheidsquelle in Oberbayern, noch weit seltener aber findet sich als Mineral das Jodsilber und Jodquecksilber. (Vgl. S. 142).

Darstellung.

Man erhält die Jodmetalle beim Zusammenbringen von Jod mit den Metallen zum Theil schon bei gewöhnlicher, zum Theil erst in höherer Temperatur, durch Erhitzen mehrerer Dryde mit Jod, durch Auflösen der Dryde in Jodwasserstoffsäure und die unauflöslichen durch Fällung eines Salzes des betreffenden Metalls mit Jodkalium.

Eigenschaften.

In der Krystallform stimmen die Jodmetalle so ziemlich mit den Chloreten überein, unterscheiden sich aber sowohl von diesen, als von allen übrigen Salzen mit nichtmetallischem elektronegativen Bestandtheil durch die lebhaftere Färbung der Schwermetallsalze, auch wenn die Metalle derselben sonst gewöhnlich farblose Salze bilden. Ungefärbt oder weiß erscheinen bloß die Jodete der Alkalien und alkalischen Erden, Zinkjodid,

Farbe.

Mangan- und Kupferjodür; gelb sind Gold- und Quecksilberjodür, Silber- und Bleijodid; roth Kobalt-, Quecksilber- und Antimonjodid; braun Palladiumjodür, Zinn-, Bismuth- und Eisenjodid; grün Eisen- und Uranjodür, Chrom- und Goldjodid; schwarz Iridiumjodid, Tellur- und Platinjodür und -Jodid.

Die Jodete der Alkalien, alkalischen und eigentlichen Erden sind alle Auflöslichkeit. in Wasser, einige auch in Weingeist löslich und mehrere zerfließen an der Luft. Zodaluminium ist noch nicht dargestellt worden. Die Jodete der Schwermetalle sind unauflöslich bis auf Mangan-, Uran-, Eisen- und Zinnjodür, Eisen-, Zinn- und Chromjodid. Quecksilberjodid löst sich in Alkohol und Äther, obgleich es in Wasser unlöslich ist.

Nur einige Jodmetalle geben, mit verdünnter Salzsäure oder Schwefelsäure, Jodwasserstoff. Durch Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure für sich oder mit Braunstein, von Chlor oder Chlorkalk mit Salzsäure und von mäßig starker Salpetersäure wird Jod frei, welches die Flüssigkeit gelb oder braunroth färbt, beim Kochen in violetten Dämpfen entweicht und beim Erkalten (zuweilen in Blättchen) sich abscheidet. Chemisches Verhalten.

Beim Erhitzen verhalten sich die Jodmetalle den entsprechenden Chlormetallen ähnlich, sind jedoch etwas flüchtiger und leichter zerlegbar, besonders in Gegenwart von Wasser. Jod entweicht dann in violetten Dämpfen und läßt die Metalle als Dryde zurück.

Die Jodmetalle sind sowohl an diesem als an dem Verhalten zu Erkennung. Stärkemehl leicht zu erkennen, wenn es als verdünnter Kleister dem auf die angegebene Weise frei gewordenen Jod zugesetzt wird. Bei gleichzeitiger Gegenwart von Chlormetallen erscheint oft die blaue Färbung der Stärke nicht, weil hier durch Zusatz von Salpetersäure Chlorkjodsäure entsteht, welche die Stärke nicht bläut. Man muß dann die letztere in ein wenig kochender verdünnter Schwefelsäure auflösen und sehr wenig Chlorkwasser zusetzen. Auch durch desoxydirende Körper, wie Schwefelwasserstoff, schweflige und arsenige Säure, durch Gerbstoff und andere organische Stoffe, durch Alkalien und beim Stehen am Licht verschwindet die blaue Farbe, erscheint aber wieder auf Zusatz von Salpetersäure oder concentrirter Schwefelsäure. Eine Entfärbung durch überschüssiges Chlor oder Quecksilberchlorid kann durch Zinnchlorür beseitigt werden.

Beim Erhitzen mit concentrirter Schwefelsäure oder zweifach schwefelsaurem Kali in einer Glasröhre entwickeln die Jodmetalle violette Joddämpfe nebst schwefliger Säure, auf Zusatz von Braunstein bloß Jod, welches überdestillirt werden kann, und vorgeschlagenen Kleister bläut. Mit einer durch Kupferoxyd dunkelgrün gefärbten Perle von Phosphorsalz erhitzt, färben sie die Löthrohrflamme im Augenblicke des Schmelzens schön und stark grün.

Fluormetalle, Fluorete oder Fluats kommen in der Natur nur Fluorete. Vorkommen. sehr wenige vor, wie der Flußpath (Fluorcalcium), Kryolith (Natriumaluminiumfluorid), Vitrocerit (Fluoryttrium gemengt mit Fluorcerium und Fluorcalcium), Flußvitrocerit (Fluoryttrium mit Fluorcerium), Flußcerit

(Fluorvitreum) und Topas (Fluoraluminium mit Thonerdesulfat). Der Flußpath ist ziemlich verbreitet, die andern kommen nur selten vor.

**Darstellung.** Man erhält die Fluormetalle mittelst Zersetzung der Metalloryde durch Fluorwasserstoffsäure, die unlöslichen durch Zersetzung der entsprechenden Metallsalze durch lösliche Fluat.

**Eigenschaften.** Die in Krystallen bekannten Fluormetalle erscheinen gewöhnlich in Würfeln krystallisirt. Kalium, Ammonium, Aluminium, Beryllium, Zirkonium, Mangan, Eisen, Zinn, Wismuth, Kupfer, Silber, Quecksilber und die elektronegativen Metalle bilden auflösbliche Fluat. Fluorberyllium löst sich in jedem Verhältnisse in Wasser, Fluorkalium und -Silber zerfließen an der Luft und Titanfluorid ist eine an der Luft rauchende Flüssigkeit. Die übrigen sind schwer oder nicht löslich.

Die unlöslichen Fluat der Schwermetalle lösen sich in der Regel in Fluorwasserstoffsäure, die übrigen nebst Fluorblei auch in dieser wenig; in Salzsäure oder Salpetersäure aber fast alle.

**Verhalten bei höherer Temperatur.** Die Fluormetalle sind leicht schmelzbar und erleiden beim Erhitzen nur bei Gegenwart von Wasser, daher auch in der Löthrohrflamme eine Zersetzung in Fluorwasserstoffsäure, welche entweicht, und zurückbleibendes Metalloryd.

**Erkennung.** Man erkennt die Fluormetalle leicht, wenn man sie für sich oder mit zuvor geschmolzenem Phosphorsalz in einer schräg gehaltenen an beiden Enden offenen Glasröhre unmittelbar durch die Löthrohrflamme erhitzt, daran, daß sie Fluorwasserstoffsäure entwickeln, welche sich durch den Geruch, an der strohgelben Färbung des Fernambutpapiers und besonders an der matten Anätzung des Glases in der Nähe der Probe zu erkennen gibt. Um letztere deutlich wahrzunehmen, spült man das Glas nachher mit Wasser oder Säure aus.

**Cyanete.** Die Cyanmetalle oder Cyanete kommen nicht in der Natur, sondern bloß als Kunstprodukte vor. Man erhält sie mittelst Zersetzung der freien oder kohlensauen Dryde durch wässerige Cyanwasserstoffsäure oder durch Cyanalkalien, die Cyanalkalien aber auch durch Glühen ihrer Metallsalze und Auslaugen des Rückstandes mit Wasser, und diese wieder, namentlich die alkalischen Eisencyanüre durch Glühen stickstoffhaltiger organischer (thierischer) Körper mit kohlensaurem Kali oder Natron mit Eisenfeilspänen; einige, wie Cyanquecksilber und -Silber erhält man schon durch Zusammenbringen der Metallsalzlösung mit freier Cyanwasserstoffsäure.

**Eigenschaften.** Viele Cyanmetalle sind krystallisirbar und zum Theil den analogen Chlor-, Brom- und Jodmetallen isomorph.

**Farbe.** Fast alle Cyanete der Schwermetalle sind in Wasser unlösliche Niederschläge und, namentlich die Doppelsalze von zwei Schwermetallen, bisweilen von sehr lebhafter Färbung, weshalb auch diese Niederschläge häufig als Reactionen für die einzelnen Metalle dienen. Kupfercyanid, Gold- und Palladiumcyanür sind gelb; graugrün Mangan- und grüngelb Platincyaur; rothbraun Eisen-, Kobalt- und Vanadiumcyanid; weißlichgrün Nickelcyanid und blaugrau Chromcyanid. Die übrigen

bekannten Cyanmetalle, nämlich die Cyanüre von Cerium, Eisen, Kupfer und Chrom und die Cyanide von Zink, Blei, Silber, Palladium und Titan sind weiß. Die meisten Andern, außer den auflösliehen (s. unten), scheinen sich nach den angestellten Versuchen mit Cyan nicht verbinden zu können.

Von den Doppelcyanüren der Schwermetalle sind bloß die Cyanverbindungen des Eisens mit verschiedenen anderen Metallen wichtig, weil man sie als Niederschläge durch das als Reagens angewendete Kaliumeisen-  
Die Niederschläge des Kaliumeisen-  
cyanids,  
cyanür und Kaliumeisencyanid erhält. Das erstere fällt dunkel blau: Eisenoryd; hellgrün Nickel und Kobalt; gelb Vanadium und Chrom; bräunlichgelb Titan; rothbraun Kupfer und Uran; dunkelbraun Molybdän. Die übrigen: Eisenorydul- und (farblose<sup>1)</sup>) Manganorydul-  
des Kalium-  
eisencyanids.  
salze, Zink, Cadmium, Blei, Zinn, Wismuth, Silber und Quecksilber werden weiß; dagegen werden Chrom- und Wolframsäure, Arsenik, Tellur, Antimon, Gold, Platin, Rhodium, Iridium und Osmium gar nicht gefällt.

Das Kaliumeisencyanid fällt bloß Zinnorydul weiß, die übrigen  
des Kalium-  
eisencyanids.  
farbig und zwar: gelb Zink, Cadmium, Silber und Quecksilber; gelbbraun Wismuth, Kupfer, Titan; rothbraun Kobalt und Uran; graubraun Mangan; blau Eisenorydul; gelbgrün Nickel und Vanadium; Zinnoryd, Antimon, Blei, Gold und Eisenoryd gar nicht. Doch wird letzteres davon in seinen Auflösungen rothbraun gefärbt.

Von den Cyaneten der Schwermetalle sind bloß Eisen-, Cadmium-,  
Auflöslichkeit  
der Cyanete.  
Quecksilber- und Goldcyanid in Wasser auflöslieh, die übrigen bloß in Alkalien und theils in concentrirten, theils in verdünnten Säuren. Die bekannten Cyanete der Leichtmetalle sind sehr leicht in Wasser auflöslieh, nur Cyanbaryum ist schwerlöslieh. Cyanaluminium konnte man auf dem gewöhnlichen Wege nicht erhalten. Von den übrigen Cyaneten der Erdmetalle ist bloß Cyanyttrium bekannt, welches sich sowohl in Wasser als Weingeist auflöst. Auch die Doppelcyanete von Leicht- und Schwermetallen sind meist in Wasser auflöslieh.

Die Auflösungen der Leichtmetallcyanete bräunen Curcumpapier und entwickeln auf Zusatz von Kohlenensäure, daher auch schon durch die bloße Einwirkung der atmosphärischen Luft, Cyanwasserstoffsäure, verlieren aber diese leichte Zersetzbarkeit durch Verbindung mit Schwermetallcyaneten. Die Cyanete der Schwermetalle sind luftbeständig.

Die letzteren werden durch verdünnte Sauerstoffsäuren nicht zersetzt, entwickeln aber mit concentrirter Schwefel- oder Salzsäure Cyanwasserstoffsäure. Durch Kochen mit überschüssigen Säuren wird das Metall oxydirt und nebst Ameisensäure auch Ammoniak gebildet.

Die alkalischen Cyanete schmelzen leicht (in schwacher bei Lage nicht sichtbarer Rothglühhitze) und werden dabei langsam vom Sauerstoff der

1) Die röthlichen Manganorydulsalze werden pfirsichblüthroth bis chocoladebraun gefällt.

Luft zum Theil oxydirt. Das Ammoniumsalz verflüchtigt sich schon bei gewöhnlicher Temperatur sehr stark. Das Verhalten der Cyanete der alkalischen Erden in höherer Temperatur ist noch wenig bekannt. Die Cyanete der Schwermetalle verlieren beim Glühen das Cyan, die der unedlen verwandeln sich hierbei unter Stickstoffentwicklung in Kohlenstoffmetalle.<sup>1)</sup>

Erkennung  
der  
Cyanmetalle.

Man erkennt die löslichen Cyanmetalle an den bei der Cyanwasserstoffsäure angegebenen Reactionen, die der edlen Schwermetalle, daß sie beim Erhitzen in einem Reagircyllinder einen Geruch nach Cyan entwickeln und die entweichenden Dämpfe darüber gehaltene Silberauflösung trüben. Die der unedlen Metalle entwickeln im wasserhaltigen Zustande beim Erhitzen Ammoniak.

Carbonate.  
Vorkommen.

Carbonate kommen in der Natur mehrere vor, aber nur eines, nämlich der kohlensäure Kalk in reichlicher Menge, ziemlich häufig auch das Doppelcarbonat von Kalk und Bittererde im Wasser gelöst. Von den alkalischen Carbonaten findet sich nur bisweilen die Soda als Efflorescenz auf verschiedenen Gesteinen, an den Ufern der Natronseen und in mehreren Mineralquellen; von den alkalischen Erden Witherit (kohlensaurer Baryt), Barytocalcit (kohlensaurer Baryt mit kohlensaurem Kalk), Strontianit (kohlensaurer Strontian), Kalkstein (kohlensaurer Kalk), Aragonit (kohlensaurer Kalk bisweilen mit etwas kohlensaurem Strontian), Magnesit (kohlensäure Magnesia), Talkspath (kohlensäure Magnesia mit etwas Eisenorydul) und Bitterspath (Kalk-Talkerdecarbonat). Die kohlensauen Erden kommen nicht natürlich vor und kohlensäure Thonerde konnte auch künstlich noch nicht dargestellt werden.

Von den Schwermetallen kommen im Ganzen nur wenige als Carbonate in der Natur vor, wie das kohlensäure Eisenorydul als Spath-eisenstein und Sphärosiderit im festen, und in den sogenannten Stahlwässern als Bicarbonat im gelösten Zustande. Das kohlensäure Manganorydul findet sich mit etwas Kalk und Eisen verunreinigt als Manganspath, auch als Gemengtheil des Eisenspaths und neben Eisen in kohlensäurehaltigen Wässern gelöst. Andere natürlich vorkommende Carbonate sind der edle Galmei (kohlensaures Zinkoryd), das Weiß- und Schwarzbleierz (kohlensaures Bleioryd), der Arotombleispath (kohlensaures Bleioryd mit schwefelsaurem Bleioryd), die Kupferlasur (halbbasisch-kohlensaures Kupferoryd,  $\text{Cu}_2\text{C}$ ), der Malachit (einfachbasisch-kohlensaures Kupferoryd  $\text{Cu}_2\text{C}$ ), und die Uranblüte (kohlensaures Uranoryd).

Darstellung.

Die alkalischen Carbonate werden nicht eigens dargestellt, weil man die Alkalien nach der gewöhnlichen Darstellungsweise im Anfang ohnedies immer als Carbonate erhält<sup>2)</sup>, aus welchen dann erst die Alkalien im freien

1) Über das Verhalten der Schwermetallcyanete in der Hitze vgl. auch Rammelsberg im Arch. d. Pharm. 48. 2. R. S. 151–154; pharm. Centralbl. 1847. S. 59–60.

2) Vgl. unten die Darstellung des kohlensauen Kali, Natron und Ammoniak.

Zustande gewonnen werden. Die Carbonate der alkalischen Erden kommen schon in der Natur in hinreichender Menge vor, so daß man sie gleichfalls zur Darstellung dieser alkalischen Erden im freien Zustande benutzt. Die Carbonate der Erden und Schwermetalloryde werden mittelst Zersetzung eines entsprechenden löslichen Salzes durch ein kohlensaures Alkali erhalten.

Die Carbonate der alkalischen Erden und des Bleies krystallisiren in rhombischen, die des Natrons und Kupfers in Rhomboedrischen Säulen, der Kalkspath jedoch, Magnesit, Talk-, Bitter-, Mangan-, Eisenspath und Galmei in stumpfen Rhomboedern. Meistens aber kommen sie erdig oder nur krystallinisch vor.

Nur die alkalischen Carbonate sind in Wasser auflöslich, wenn sie neutral sind, das Kalisalz ist selbst zerfließlich, die Bicarbonate sind sämmtlich auflöslich. Die einfachen Carbonate bilden wenig krystallinische Niederschläge, welche größtentheils weiß oder wenigstens heller gefärbt sind als die freien Dryde.

Die einfachen Carbonate der Alkalien reagiren stark, der kohlensaure Baryt und die zweifach kohlen sauren Alkalien schwach alkalisch. Die einfachen kohlen sauren Alkalien schmecken scharf, aber nicht ägend alkalisch, die doppelt kohlen sauren laugenartig, aber nicht scharf.

Die einfachen, häufiger noch aber die doppelt kohlen sauren Alkalien bilden mit mehreren unlöslichen Carbonaten, wie mit denen der alkalischen Erden, des Mangans, Eisens, Kobalts, Nickels u. auflösliche Doppelsalze. Die kohlen sauren Alkalien bewirken daher in solchen Auflösungen oft erst Fällungen beim Kochen, oder auf Zusatz von ägendem Alkali.

Die Verwandtschaft der Kohlensäure zu den Basen ist schwach, sie wird daher durch die meisten übrigen Säuren aus ihren Salzen abgescieden und schwächere Basen, wie Thonerde, Eisen-, Zinn-, Manganoryd u. verbinden sich gar nicht mit Kohlensäure.

Die Carbonate außer den alkalischen und denen von Baryt und Strontian verlieren die Kohlensäure beim Glühen für sich; alle aber beim Glühen mit Kohlenpulver, indem Kohlenorydgas entsteht. Sie sind, wie schon oben angegeben wurde, mit Ausnahme der alkalischen unschmelzbar. (Vgl. auch S. 193).

Man erkennt die Carbonate leicht daran, daß sie mit Säuren aufbrausen, ohne dabei einen auffallenden Geruch, z. B. nach Chlor, schwefliger Säure u. zu entwickeln. Leitet man das frei werdende Gas in Kalkwasser, so wird dieses durch Entstehung von kohlen saurem Kalk getrübt. Die der alkalischen Erden werden durch Erhitzen vor dem Löthrohr ägend und bräunen dann feuchtes Curcumapapier.

Auch unter den Sulphaten ist es wieder nur das Kalisalz als Gyps (CaS + 2H), seltner als Anhydrit (CaS), welches in bedeutender Menge in der Natur verbreitet ist. Doch kommt die Verbreitung desselben bei Weitem nicht der des kohlen sauren Kalkes gleich. In ziemlicher Ausbreitung findet sich auch noch bisweilen das Magnesia sulphat oder Bitter-

salz im festen Zustande, besonders aber aufgelöst im Meerwasser und in einigen Mineralquellen (Bitterwassern). Weit beschränkter ist das Vorkommen des schwefelsauren Baryts (Schwerspath), noch mehr das des schwefelsauren Strontians (Cölestin). Die Sulphate des Kali, Natron und Ammoniak finden sich selten, fast nur als vulkanische Produkte in fester Form, das Natronsalz (Glauber Salz) jedoch auch an einigen anderen Orten, namentlich in Steinsalzgebirgen, das schwefelsaure Kali noch als Bestandtheil des gewöhnlichen Alauns und in Pflanzen. Noch seltener findet sich der Natronalaun. Häufiger findet sich das Kali- und Natronsalz aufgelöst in Mineralquellen und letzteres besonders im Meerwasser. Selten kommt auch die schwefelsaure Thonerde für sich und als Kalithonerdesulphat (Alaun), häufiger das letztere mit überschüssiger Thonerde (Alaunstein) vor.

Von den Sulphaten der Schwermetalle (Bitriole) kommt der Eisen-,<sup>1)</sup> Kobalt-, Kupfer-, Zink-, Blei-<sup>2)</sup> und Uranvitriol, sämmtlich aber nur in kleiner Menge im Mineralreich vor.

#### Darstellung.

Man erhält die Sulphate, wenn sie nicht schon natürlich in erforderlicher Menge und Reinheit vorkommen, leicht durch Behandlung der Metalle (vgl. S. 160), oder ihrer Dryde mit Schwefelsäure, Zersetzung der Carbonate und anderer Salze mit schwächeren Säuren durch Schwefelsäure oder andere Sulphate, häufig als Nebenprodukte, wie z. B. Natron- und Kalisulphat bei der Bereitung der Salz- und Salpetersäure, Mangan- mit Natronsulphat bei der Darstellung des Chlors *cc.*; endlich durch Rösten der Schwefelmetalle, so bei der Darstellung des Kupfer- und Eisenvitriols.

#### Eigenschaften.

Die gewöhnlichste Krystallform der Sulphate ist die gerade rhombische Säule, wie beim Kali-, Strontian-, Baryt-, Kalk- (Gyps), Magnesia-, Zink-, Blei- und Nickelsalz, wenn letzteres unter  $+ 15^{\circ}$  C. mit 7 Atomen Wasser krystallisirt. Das Barytsulphat krystallisirt gewöhnlich in rhombischen Tafeln. Mehrere bilden klinorhombische Säulen, wie das Natron-, Eisen- und Manganorydsulphat und das zweifach schwefelsaure Kali; einige rektanguläre Säulen, wie Kalk- (Anhydrit), Uran- und Cadmiumsulphat, und andere Oktaeder, wie die Sulphate der Erden, des Kobalts und Nickels, wenn letzteres über  $+ 15^{\circ}$  C. mit 6 Atomen Wasser krystallisirt. Bei mehreren Sulphaten hat man zwei oder mehrere dieser Formen beobachtet, so daß man vielleicht später noch die Verhältnisse kennen lernen wird, unter denen sie alle einander isomorph krystallisiren.

Die Sulphate enthalten in der Regel 4—7 Atome Krystallwasser, nur wenige, wie das Kali-, Ammoniak-, Baryt-, Strontian- und Bleisalz, so wie eine Art des natürlich vorkommenden Kalksulphates, der Anhydrit sind wasserfrei. Die wasserhaltigen Krystalle verwittern fast alle,

1) Das Eisen kommt gewöhnlich als Drydsalz (grüner Vitriol), selten als Drydsalz (rother Vitriol) vor.

2) Das Bleisulphat auch im Arotombleispath mit kohlensaurem Bleioryd und im Kupferbleispath mit Kupferoryd.

wenigstens oberflächlich, auch wenn sie weniger Wasser enthalten, wie z. B. das Kalbipulphat ( $\text{K}_2\text{S}_2 + \text{H}$ ).

Die neutralen und besonders die sauren Sulphate sind in der Regel Auflöslichkeit. leicht auflöslich, die basischen unauflöslich. Die meisten brauchen nicht mehr als 2—3 Theile kaltes Wasser zur Auflösung. Baryt-, Strontian- und Bleisulphat sind nicht bloß in Wasser, sondern auch in verdünnten Säuren unauflöslich, die ersteren lösen sich nur in kochender concentrirter Schwefelsäure, letzteres auch in Salpetersäure und concentrirter Salzsäure.<sup>1)</sup> Das Sulphat des Kalks braucht gegen 500, das des Silberoxyds 88, das des Kobaltoxyds 24, das Kalithonerbesulphat (der gewöhnliche Alaun) 18, das einfach schwefelsaure Kali 9 Theile Wasser. Die Sulphate der elektronegativen Metalle zerfließen fast sämmtlich an der Luft und werden durch Wasser in unauflösliches basisches und leichtlösliches saures Salz zerlegt. In Weingeist und Aether sind die Sulphate nicht auflöslich.<sup>2)</sup>

Alle unauflöslichen Sulphate werden durch Kochen oder doch durch Glühen mit kohlensaurem Natron zerlegt, wobei die Schwefelsäure an das Natron tritt. Fast alle werden, oft auch aus sauren Auflösungen, durch starken Alkohol gefällt. Von verwesenden organischen Stoffen werden sie in Schwefelmetalle verwandelt, indem sich ihr Sauerstoff mit dem Kohlenstoff jener Körper zu Kohlensäure verbindet.

Die Sulphate der Alkalien und alkalischen Erden schmelzen nach dem Verlust ihres Krystallwassers nur bei hoher Temperatur, obgleich manche ihrer Doppelsalze (s. S. 193) sehr leicht schmelzbar sind. Die übrigen zerlegen sich früher, als sie schmelzen. Die Sulphate der Alkalien und alkalischen Erden mit Ausnahme der Magnesia lassen sich unverändert schmelzen. Bei den übrigen entweicht beim Erhitzen die Schwefelsäure entweder unzerlegt, wenn zur Austreibung eine mäßige Hitze hinreicht, oder als schweflige Säure und Sauerstoff, wenn dazu ein hoher Hitzgrad erforderlich ist. Durch Erhitzen mit Wasserstoff oder mit Kohle werden sie in Schwefelmetalle verwandelt. Durch Glühen mit Phosphor-, Bor- und Kieselsäure wird die Schwefelsäure ausgetrieben.

Verhalten bei  
höherer Tem-  
peratur.

Um die Sulphate als solche zu erkennen, löst man sie in Wasser, Erkennung. nöthigenfalls in Salzsäure oder zerlegt sie, wenn sie auch in dieser nicht auflöslich sind, durch Kochen mit kohlensaurem Natron, filtrirt noch warm und prüft die erhaltene Lösung mit der Auflösung eines Barytsalzes, womit sie einen auch in Salpetersäure unauflöslichen weißen Niederschlag bilden. Wenn man dieselben mit gleichviel Stärkmehl und kohlensaurem

1) Nach Wöhler löst sich Bleisulphat auch leicht in neutralem weinsäuren Ammoniak. Die concentrirte Lösung geseht nach einiger Zeit zur steifen Gallerte. Ann. d. Pharm. 34. S. 235; pharm. Centralbl. 1840. S. 592.

2) über die Grenze, wo der Weingeist bei zunehmendem Wassergehalt die Sulphate auflöst, vgl. Anthon, in Buchner's Repertor. d. Pharm. 13. S. 18—22; pharm. Centralbl. 1838. S. 434—435.



Natron zur pfeffertorngroßen Kugel formt, am Platindraht vor dem Löthrohr erhitzt und dann auf eine feuchte Silberfläche legt, so entsteht auf letzterer ein brauner Fleck von Schwefelsilber. Auf Zusatz von Salzsäure entwickelt sich ein Geruch nach Schwefelwasserstoff, welcher ein mit Bleisalzauflösung befeuchtetes Papier schwärzt.

**Nitrate.** Da nur die stärksten Basen, wie die der Alkalien und alkalischen Erden, die Bildung von Salpetersäure einzuleiten vermögen, so finden sich auch nur ihre Nitrate (**Salpeter**), nicht aber die der eigentlichen Erden und Schwermetalloryde in der Natur. Von den ersteren kommen namentlich der Kali-, Natron- und Kalisalpeter vor, der Kalisalpeter nicht bloß im Mineralreich, sondern auch in mehreren Pflanzen; in größerer Menge aber nur der Natronsalpeter, welcher in ausgedehnten Lagern in Südamerika erscheint.

**Darstellung.** Der Kali- und Kalisalpeter wird künstlich im Großen auf den Salpeterplantagen erzeugt durch prädisponirende Wirkung dieser Basen auf den Stickstoff, welcher sich bei der Verwesung thierischer Körper entwickelt, so daß sich derselbe mit dem Sauerstoff der Luft zu Salpetersäure und diese mit dem Kali oder Kalk zu Salz verbindet (s. S. 224). Die übrigen Nitrate werden durch Auflösung der Metalle oder ihrer Dryde in Salpetersäure erhalten.

**Eigenschaften.** Die herrschende Krystallform der Nitrate ist die rhombische Säule, welche aber bisweilen durch Abstumpfung zweier scharfen Seitenkanten in eine sechsseitige Säule übergeht, wie beim Kali- und Kalksalz. Einige, wie das Uranoryd-, Silberoryd- und das in der Kälte krystallisirte Kupferorydnitrat bilden rhombische Tafeln. Die Nitrate des Baryts, Strontians, Bleioryds und Quecksilberoryduls krystallisiren in Oktaëdern, der Natronsalpeter in Rhomboëdern.

Die Krystalle des Kali-, Natron-, Ammoniak-, Baryt-, Strontian- und Silbersalzes sind wasserfrei, die übrigen enthalten verschiedene Mengen Krystallwasser. Die Nitrate sind nebst den Chloreten die leicht löslichsten Salze. Die neutralen und sauren Salze sind sämmtlich im Wasser löslich, die unauflöslichen basischen lösen sich in Salpetersäure und andern Säuren. Das Kali-, Baryt-, Strontian-, Blei-, Silber- und Quecksilbersalz sind vollkommen luftbeständig, Nickel- und Uranorydsalz verwirkeln schwach in trockner Luft, Natronsalpeter wird feucht und die übrigen zerfließen ganz, in feuchter Luft auch das Nickelsalz. Die luftbeständigen erfordern nicht über 3 Theile Wasser zur Auflösung, nur Strontiansalz braucht 5, Barytsalz 12, die zerfließlichen meist nur die Hälfte ihres Gewichtes Wasser. Nebstdem lösen sich die letzteren leicht in Weingeist auf. Die Nitrate des Bismuths, Quecksilbers und Antimons werden, wenigstens durch viel Wasser in unauflösliche basische und leicht lösliche saure Salze zerlegt. Die leicht krystallisirbaren, vornehmlich Baryt und Bleiorydsalz sind in concentrirter Salpetersäure unauflöslich. Mit viel Salzsäure, oder mit wenig Salzsäure oder Chlornatrium nebst Schwefelsäure versetzt entwickeln sie Chlor und salpetrige Säure.

Die salpetersauren Salze mit starker Basis entwickeln beim Erhitzen Anfangs Sauerstoff und bilden salpetrige Salze, welche bei stärkerem Glühen unter Entwicklung von Sauerstoff und Stickstoff vollständig zerlegt werden. Die mit schwächerer Basis geben Sauerstoff und salpetrige Säure. Beim Erhitzen mit brennbaren Körpern — auf glühender Kohle verpuffen besonders die Nitrate der Alkalien und alkalischen Erden mit Hefrigkeit unter Hinterlassung kohlensaurer Salze.

Verhalten bei  
höherer Tem-  
peratur.

Man erkennt die Nitrate in Auflösungen daran, daß letztere mit concentrirter Schwefelsäure versetzt Kupferspäne unter Entwicklung rother Dämpfe bei gewöhnlicher Temperatur auflösen. Beim Versetzen mit überschüssiger Salzsäure lösen sie beim Erwärmen ächtes Blattgold auf unter gelber Färbung der Flüssigkeit. Letztere Eigenschaft theilen jedoch die Salze der Selen-, Chrom-, Chlor- und Bromsäure mit denen der Salpetersäure. Ein sicheres Kennzeichen ist es, daß sich Krystalle von schwefelsaurem Eisenorydul in der Flüssigkeit schwarzbraun färben, oder bei vieler Salpetersäure der ganzen Flüssigkeit diese Färbung mittheilen. Die Eigenschaft, nach Zusatz von Schwefelsäure ein wenig Indigoauflösung gelb zu färben, oder zu entfärben, theilen sie mit den chlor- und bromsauren Salzen, unterscheiden sich aber von diesen, daß sie Lackmustrinctur nicht entfärben, sondern bloß röthen. Auch das Verpuffen auf Kohle haben sie mit den erwähnten Salzen gemein.

Erkennung.

Die Phosphate sind zwar nicht nach ihrer Zahl, wohl aber der Menge nach sehr beschränkt, in welcher sie natürlich vorkommen. Am reichlichsten erscheint noch die phosphorsaure Kalkerde. Sie bildet den Hauptbestandtheil der Knochen der höheren Thiere. Außerdem finden sich im thierischen Organismus noch die Phosphate der Magnesia, des Natron und Ammoniak. Im Pflanzenreich kommen die Phosphate von Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Eisen und Mangan vor. Mineralische Phosphate sind der Apatit und Phosphorit (basisch phosphorsaure Kalkerde), der Wagnerit (basisch phosphorsaure Bittererde), der Boveit (phosphorsaure Thonerde mit Fluoraluminium), der Lamblygonit (phosphorsaure Lithion-Thonerde), die phosphorsaure Ammonialthonerde, ein vulkanisches Produkt, der Lürkis (phosphorsaure Thonerde mit Kupferoryd), der Ytterspath (phosphorsaure Yttererde), der Grüneisenstein und das Eisenblau (phosphorsaures Eisenorydul), der Vivianit (dieselbe Verbindung im krystallisirten Zustande), der Raseneisenstein enthält etwas Eisenorthophosphat, das Manganspexerz (Eisen- und Manganorydulphosphat), der Tripbylin (Eisen- und Manganorydulphosphat mit Lithionphosphat), das Buntbleierz (phosphorsaures Bleioryd), der Liebethenit, Phosphorochalcit, Dihybrit, Lagilit und Chilit (phosphorsaures Kupferoryd) und der Uranglimmer (Uranoryd mit Kalk- oder Kupferphosphat). Außer diesen Fossilien läßt sich die Phosphorsäure in sehr kleinen Mengen, oft bloß als Spur noch in einer großen Anzahl anderer Mineralien nachweisen. So fand Sullivan dieselbe in verschiedenen Quantitäten von kohlensaurem Kalk,

Phosphate.  
Vorkommen.

im Dolomit, Dachschiefer, Sandstein, Diorit, Augit, Trapp, Basalt, Bimsstein, Obsidian, Glimmer, Granit, Glimmerschiefer, Gneis etc.<sup>1)</sup>

**Herstellung.**

Die phosphorsaure Kalkerde erhält man durch Calcination der Knochen, durch Auflösung der erhaltenen Asche, welche ein Gemenge von phosphorsaurer Kalkerde mit einigen andern Salzen ist — in Salzsäure und Fällung durch Ammoniak im reinen Zustande; die übrigen unlöslichen Phosphate durch Fällung eines löslichen Salzes des entsprechenden Dryds mittelst eines löslichen (alkalischen) Phosphats, die alkalischen Phosphate durch Sättigung der freien Alkalien, oder Zersetzung der kohlensauren mittelst Phosphorsäure oder doppelt phosphorsauren Kalts.

Die phosphorsauren Salze bieten eine größere Anzahl möglicher Verbindungen mit einer und derselben Basis dar als die Salze irgend einer andern Säure außer der Arseniksäure. Viele Basen bilden nämlich sowohl mehrere saure als basische Salze mit der Phosphorsäure.

**Eigenschaften.**

Die Phosphate krystallisiren größtentheils in Prismen: der Wavellit und Amblygonit in rhombischen, das phosphorsaure Natron, der Wavellit und Phosphorocalcit in Monorhombischen, der Ytterspath und Uraglimmer in quadratischen, der Apatit und das Buntbleierz in sechsseitigen etc. Sie enthalten meistens und gewöhnlich auch viel Krystallwasser, dessen Menge im Natronsalz 25 Atome erreicht.

Die neutralen und basischen Phosphate sind mit Ausnahme der alkalischen in Wasser unlöslich, die sauren sind löslich. Erstere lösen sich in Salpetersäure, Salzsäure, Schwefelsäure, bis auf das Cer- und Quecksilberoxydsalz auch in Phosphorsäure und bis auf Eisenoxyd, Bleioxyd und Thonerde<sup>2)</sup> in Essigsäure, einige, namentlich das Kalzphosphat in kohlensäurehaltigem Wasser, das Thonerdephosphat auch in Alkalien. Nur einige geglühte saure Salze sind wenig oder gar nicht löslich. Durch ätzende und kohlensaure Alkalien sowie durch Weingeist werden sie aus ihren Auflösungen gefällt.

Die phosphorsauren Salze sind bis auf die des Ammoniaks und Quecksilbers feuerbeständig, meistens leicht schmelzbar, besonders die sauren Salze, gewöhnlich zu durchsichtigen Gläsern, die neutralen und basischen Phosphate der alkalischen Erden aber bis zu emailartigen Massen (Schmelz). Sie werden dabei in pyrophosphorsaure Salze verwandelt. Die Pyrophosphate reagieren alkalisch.

**Erkennung.**

Man erkennt die Phosphate daran, daß ihre neutralen Auflösungen von salpetersaurem Silberoxyd eigelb oder weiß (s. S. 133) gefällt werden. Mit überschüssigem Ammoniak und einem löslichen Magnesiumsalz versetzt, fällt ein krystallinischer Niederschlag von Ammoniummagnesiumphosphat nieder. Unlösliche Phosphate erwärmt man mit einer Mischung

1) Vgl. Glubel's ökonom. Neuigkeiten und Verhandlungen 1846 S. 27 aus Erdmann's Journ. f. prakt. Chem.

2) Nach Wittstein wäre das Thonerdephosphat gleichfalls in Essigsäure löslich, nur etwas langsamer als die übrigen.

aus gleichen Theilen Schwefelsäure und Wasser, verdünnt mit Weingeist, filtrirt, setzt etwas Wasser zu, verdunstet den Weingeist, neutralisirt mit Ammoniak und reagirt wie oben. Durch Kochen, oder Erhitzen des unlöslichen Phosphats mit kohlensaurem Natron erhält man gleichfalls ein auflösliches phosphorsaures Salz. Zur Entdeckung sehr kleiner Mengen versetzt man die zu prüfende Flüssigkeit mit einigen Tropfen Eisenchloridlösung, fällt dann mit Ammoniak, löst den Niederschlag in Salzsäure und setzt essigsaure Kalilösung zu, wodurch ein Niederschlag von phosphorsau-rem Eisenoxyd, bei sehr geringen Mengen oft erst nach 24 Stunden entsteht.

Unlösliche Phosphate, oder aus den löslichen Salzen gefälltes Bleioxyd- oder Kalkphosphat geben auf Kohle mit Bor säure und feinem Eisen- draht geschmolzen eine spröde Kugel von Phosphoreisen. Sie färben die Flamme entweder schon für sich, oder beim Besenken mit Schwefelsäure bläulichgrün. Das Bleiphosphat schmilzt zu einer beim Erkalten krystalli- sierenden (polyedrisch werdenden) Perle. Um zu ermitteln, ob das fragliche Salz eine Verbindung der Modification a, b oder c der Phosphorsäure ist (vgl. S. 133) muß man die letztere isoliren. Man fällt die Auflösung des alkalischen Phosphats mit einer Bleisalzlösung, scheidet aus dem ausgewaschenen Niederschlag die Phosphorsäure durch Schwefelwasserstoff ab und untersucht dieselbe näher.

Noch weit sparsamer als die Phosphate finden sich die borsauren Borate. Salze in der Natur. Am reichlichsten kommen die Borate des Natrons und Borkommen. der Magnesia vor; ersteres am Grunde und an den Ufern einiger Seen im Tibet und Persien, auf Ceylon und Südamerika; letzteres (den Boracit) hat Karsten als Gebirgsart im Steinsalzgebirge bei Staßfurt gefunden. Außerdem gehören hierher der Datolith (borsäure mit Kieselsaurer Kalkerde), der Turmalin und Uvinit (aus mehreren Basen mit Kieselsäure und 1—9 Procent Borsäure zusammengesetzte Mineralien).

Man erhält die auflöslichen Borate durch Sättigung der Basen mit Darstellung. Borsäure, die schwerlöslichen durch Zersetzung auflöslicher Salze der ent- sprechenden Dryde mittelst borsäuren Natrons, manche, wie das neutrale Kali- und das Quecksilberoxydsalz nur durch Zusammenschmelzen mit Borsäure.

Die Borate krystallisiren durchgängig in Prismen, nur der Boracit, Eigenschaften. das doppeltborsäure Ammoniak und das aus einer heißen Auflösung ange- schossene zweifachborsäure Natron in Oktaedern. Sie enthalten ziemlich viel Krystallwasser und verwittern daher zum Theil, jedoch nur oberfläch- lich. Die künstlich durch Schmelzen erhaltenen Borate bilden Gläser, die auf nassem Wege erzeugten gelatinöse Niederschläge. Ihre Farbe entspricht dem Metalle der Basis. Die Farbe der Niederschläge ist etwas heller als die der freien Basis.

Die alkalischen Salze sind im Ganzen ziemlich leicht löslich und zwar um so mehr, je mehr die leicht lösliche Basis und um so weniger, je mehr die schwer lösliche Borsäure vorherrscht. Auch die borsäure Polybidsäure ist leicht löslich. Die übrigen Verbindungen sind zum Theil schwer, zum

Theil nicht löslich. Von Säuren, auch häufig von andern Salzen, werden sie sämmtlich leicht aufgelöst zu leicht auflösliehen Doppelsalzen. Vorfaures Silberoxyd löst sich in verdünnter Borapauflösung und das Magnesia- und Manganborat, wahrscheinlich auch noch andere in Magnesia-salzen.

Die schwer auflösliehen werden aus den Auflösungen in Säuren wenig oder gar nicht durch Alkalien und durch Alkohol gefällt. Mineralsäuren, besonders Schwefelsäure, scheiden die Vorsäure aus festen und aus aufgelösten borfauren Salzen ab, aus concentrirten Flüssigkeiten in krystallinischen Blättchen. Das neutrale Borat des Ammoniaks wird durch Ammoniakverlust, das des Kali, Natron und anderer Basen durch Anziehung von Kohlensäure aus der Luft in saure Salze verwandelt. Die neutralen Borate sind wegen dieser Unbeständigkeit weit später bekannt geworden als die sauren, in denen sich die Alkalien und alkalischen Erden mit 2, 4 und 6 Atomen Vorsäure verbinden. Es gibt auch einige basische Borate, die aber noch nicht untersucht sind. Manche Borate, wie die des Eisenoryduls und des Kupferoryds, verlieren ihre Säure zum Theil schon durch bloßes Auswaschen. Nicht bloß die neutralen, sondern selbst die 6fach borfauren Salze der stärkeren Basen reagiren noch etwas alkalisch.

Die sauren borfauren Salze sind im Allgemeinen leicht schmelzbar und zwar zu durchsichtigen Gläsern mit Ausnahme des Zinn- und Kupferorydsalzes, welche trübe bleiben. Die wasserhaltigen blähen sich beim Entweichen des Wassers auf, wie Alaun, wenn er gebrannt wird. Die zweifach borfauren Salze gehen dann wieder zusammen und schmelzen, die neutralen bleiben in diesem porösen Zustande, weil sie äußerst strengflüssig sind. Wasserstoff und Kohlenstoff vermögen die borfauren Salze eben so wenig als die freie Vorsäure zu reduciren.

Erkennung.

Man erkennt die borfauren Salze am besten daran, daß sie mit verdünnter kochender Schwefelsäure zersezt beim Erkalten Vorsäure in Krystallschuppen absetzen und daß, wenn die saure Flüssigkeit eingetrocknet und die Masse mit Weingeist digerirt wird, dieser, besonders beim Umrühren, oder auf Baumwolle oder Papier mit grüner Flamme verbrennt. Ebenso färbt das mit 1 Theil Flußspath und  $4\frac{1}{2}$  Theil zweifach schwefelsaurem Kali gemengte Borat am Platindraht die Löthrohrflamme im Augenblicke des Schmelzens grün.

Silicate.  
Vorkommen.

Keine Säure bildet mehr natürlich vorkommende Salze als die Kieselsäure, theils wegen der außerordentlichen Verbreitung dieser Säure im Mineralreich, theils wegen der geringen Löslichkeit und Zersezbarkeit ihrer Verbindungen. Bei Weitem am reichlichsten finden sich aber die Silicate der Thonerde. Solche Thonerdesilicate, welche sich theils durch das Verhältniß ihrer Hauptbestandtheile, theils durch gewisse, aus Kali, Natron, Kalkerde, Magnesia, Eisen- und Manganoryden bestehende Nebenbestandtheile von einander unterscheiden, sind der Eillimanit, Cyanit, Andalust, Chiasfolit, Fahlunit, Kallinit, Turmalin, Margarit, Obsidian, Pechstein, Perlstein, Bimsstein und Thon. Kalkthonerdesilicate sind der Epidot, Idocras, Granat, Hessonit, Arint, Stilbit, Dreosferit, Lau-

montit, Prehnit, Stolezit, Chabasit, Mesolit, Mesol und Thomsonit. Magnesiathonerdesilicate sind der Dichroit, Pyrop und Chlorit, Thonerdesilicate mit Natronsilicat der Sobalith und Albit, mit Kalisilicat der Feldspath, Leucit und Gläolith, mit Lithionsilicat der Spodumen und Petalit, mit Barysilicat der Harmotom, mit Beryll-erdesilicat der Phenakit, Smaragd und Guckas, Thonerdesilicat mit Fluoraluminium der Topas und Pyknit.

Magnesiasilicate sind der Pikrosmin, Pyxallolith, Chrysolith, Speckstein, Talk, Serpentin und Meerschaum, Magnesiasilicate mit Kalksilicat der Augit, Melilit, Diabas, Asbest und die Hornblende, mit Eisenorydsilicat der Bronzit, mit Eisenorydsilicat der Paulit und Anthophyllit.

Kalkerdesilicate sind der Zeagonit, Ligurit, Tafelspath und Olenit, ein Kalikalkerdesilicat der Apophyllit, ein Eisenorydkalkerdesilicat der Lievrit.

Zirkonerdesilicate sind der Zirkon und Eudialyt, Yttererdesilicate der Gadolinit und Orthit.

Eisenorydsilicate sind der Chlorophäit, Chloropal und Sideroschistolith, in Verbindung mit Natronsilicat der Blau-eisenstein, mit Talk- und Thonerdesilicat die Grunerde, mit Manganorydsilicat der Pyroxmalith.

Eisenorydsilicate finden sich, als Anthosiderit, im Eisenkiesel und als vikarirende Bestandtheile verschiedener Thonerdesilicate, mit Eisenorydsilicat als Hisingerit, mit Manganorydsilicat als Cronstedt und mit Natronsilicat als Almit.

Manganorydsilicate sind der rothe und schwarze Mangankiesel, Ceriumorydsilicate der Cerit und Orthit, mit Eisensilicat der Manit, Kupfersilicate der Dioptas und Kieselmalachit, ein Zinkorydsilicat ist der Kieselgalmei.

In diesen Silicaten vertreten sich sehr häufig die analog zusammen-  
gesetzten Basen. So kann z. B. Magnesia die Stelle von Kalk, Natron, Eisen- und Manganorydul, so Thonerde die von Eisen- oder Manganoryd in ihren Verbindungen vertreten und umgekehrt.

Man erhält die Silicate durch Zusammenschmelzen der Dryde mit Darstellung. Kieselsäure, die auflösliehen auch durch Kochen der Auflösungen der Dryde mit Kieselsäure, die unauflösliehen auch durch Zersetzung auflöslieher Salze des entsprechenden Dryds mittelst eines alkalischen Silicates.

Die Silicate zeichnen sich vor den übrigen Salzen besonders durch Eigenschaften. die Mannichfaltigkeit ihrer Krystallformen aus. Am häufigsten findet sich aber auch hier wieder die rhombische und klinorhombische Säule. In rhombischen Säulen krystallisirt der Andalusit, Chiasolith, Alinit, Prehnit, Stolezit, Mesolit, Mesol, Dichroit, zweiarige Glimmer, Spodumen, Topas, Pyknit, Pikrosmin, Chrysolith, Serpentin, Lievrit, Gadolinit, Orthit und Kieselgalmei, in klinorhombischen Säulen der Sillimanit, Fahlunit, Epidot, Brewsterit, Laumontit, Guckas, Augit,

Diallag, Aesbeck, die Hornblende, der Ligurit und Almit. Nach diesen kommt die sonst so seltene Form der Klinorhomboidischen Säule am häufigsten vor, nämlich beim Cyanit, Arinit, Stilbit, Feldspath, Petalit, Pyralolith, Tafelspath und Almit. In Quadratoctaedern krystallisiren der Idocras, Thomsonit, Stapholit, Zircon, Zegonit und Apophyllit, in Rhomboedern der Turmalin, Chabasit, einaxige Glimmer, Sudaht, Sideroschistolith und Dioptas, in Dihexaedern der Chlorit, Smaragd und Gläolith, in sechsseitigen Säulen der Cronstedt und Pyroxmalith, in sechsseitigen Tafeln der Margarit, in Würfeln der Pyrop, in Granatoedern der Granat und Sodolith, in Leucitoedern der Leucit.<sup>1)</sup>

Künstlich ist es bis jetzt noch nicht gelungen, außer dem Natronsilicat, welches klinorhombische oder rectanguläre Prismen bildet, irgend eine Kieselsaure Verbindung krystallförmig herzustellen. Die auf nassem Wege erhaltenen unlöslichen Silicate bilden gelatinöse Niederschläge. Die Farbe der Schwermetallverbindungen ist, wie bei den Carbonaten und Boraten, etwas heller als die der freien Dryde. Die auf diesem Wege dargestellten unlöslichen Silicate bilden, wie auch alle auf trockenem Wege (durch Zusammenschmelzen) bereiteten, amorphe Massen. Die der Schwermetalle sind diesen entsprechend gefärbt.

**Auflöslichkeit.**

Die alkalischen Silicate lösen sich bei überschüssiger Basis in Wasser leicht auf, bei Ueberschuß der Säure sind sie, wie sämtliche Silicate der Erden und Schwermetalle, darin unauflöslich.

**Verhalten auf nassem**

Gegen Säuren verhalten sich die Silicate verschieden, je nachdem sie Verbindungen der a.Kieselsäure oder der b.Kieselsäure (vgl. S. 137) darstellen. Die Verbindungen der b.Kieselsäure, welche in der Mineralogie Zeolithe heißen (von *Zeō* ich brause, weil sie meist zu blasigen Gläsern schmelzen), werden auf nassem Wege von den Säuren zersetzt und lösen sich darin vollständig auf, wenn die Säuren verdünnt genug sind. Die a.Silicate, aus denen die meisten natürlich vorkommenden Kieselsauren Verbindungen, so wie das gewöhnliche Glas bestehen, werden, auch wenn sie ein Alkali oder eine alkalische Erde enthalten, außer der Fluorwasserstoffsäure selbst von den stärksten Säuren, nicht einmal durch Schmelzen mit zweifachschwefelsaurem Kali zersetzt. Einige a.Silicate, wie Granat, Vesuvian und Epidot, gehen durch bloßes Schmelzen für sich in b.Silicate über, welche sich in Säuren, besonders Salzsäure, auflösen, bei den meisten geschieht dies nur, wenn sie mit einem Ueberschuß von Alkali oder alkalischer Erde zusammengeschmolzen werden. Bei längerer Einwirkung in der Wärme werden fast alle von concentrirter Schwefelsäure zersetzt, oder wie Glas nur angegriffen. Von Flußsäure werden sie sämmtlich ganz oder theilweise gelöst. Nur wenige werden von wässrigen ägenden oder kohlensauren Alkalien aufgelöst. Die Auflösungen der Silicate in Wasser bläuen

1) Ein vollständigeres Verzeichniß der Silicate nebst Angabe ihrer chemischen Formeln von Riecher s. im Arch. d. Pharm. 2. R. Bd. 42. S. 25–34; pharm. Centralbl. 1845. S. 618–621.

rothes Lackmuspapier und werden schon durch die Kohlensäure der Luft unter Abscheidung von Kieselsäure zerlegt. Auch die Ammoniaksalze schlagen die Kieselsäure daraus nieder.

und

Die Silicate, namentlich der starken Basen, sind schmelzbar, um so leichter, je mehr die Basis vorwaltet, wenn diese anders wie die Alkalien oder Bleioryd schon für sich schmelzbar ist, und um so schwieriger, je mehr Kieselsäure vorhanden ist. Daher kommen die schwieriger schmelzbaren durch Zusatz von Alkali leicht in Fluss. auf trockenem Wege.

Wenn man zur Zerlegung der Silicate keine Fluorwasserstoffsäure anwenden will und dieselben von Schwefelsäure oder Salzsäure nicht angegriffen werden, so verwandelt man sie durch Zusammenschmelzen mit kohlensaurem Alkali, kohlensaurem Baryt oder mit Kalkerde in basische Silicate, welche sich auf nassem Wege durch Säuren leicht zerlegen lassen. Zerlegung.

Um die Gegenwart der Kieselsäure in unauflöslichen Silicaten zu entdecken, müssen sie zuvor mit dem 3- bis 4fachen Gewichte kohlensaurem Kali zusammengeschmolzen werden. Man erkennt dann die Kieselsäure in der nicht zu verdünnten Auflösung dieser Verbindung wie in den auflöslichen Silicaten überhaupt daran, daß sie mit concentrirter Salzsäure einen gelatinösen Niederschlag bildet, welcher sich von einem Thonerdeniederschlag dadurch unterscheidet, daß er im Ueberschusse des Fällungsmittels unauflöslich ist. Verdünnte Salzsäure löst ihn jedoch auf. Vor dem Löthrohre entdeckt man die Kieselsäure durch Zusammenschmelzen einer Probe mit phosphorsaurem Ammoniak-Natron, worin sich die Kieselsäure nur in geringer Menge auflöst, während der größte Theil davon als aufgeschwollene Masse im Glase schwimmt, das beim Erkalten opalfirt. Erkennung.

So häufig die Thonerde in der Natur als Basis wenigstens in Silicaten vorkommt, so selten sind die Salze, in denen sie die Stelle einer Säure vertritt. Sowohl die Zahl, als die Menge der einzelnen Aluminate oder thonsauren Salze ist sehr beschränkt. Es gehören hierher der Spinell (Magnesiaaluminat), der Chrysoberyll (Beryllerdealuminat mit Thonerdesilicat), der Pleonast (Eisenorydualuminat, worin das Eisenoryd in größerer oder geringerer Menge durch Magnesia vertreten ist), der Sahnit (Zinkorydualuminat) und das Bleigummi (Bleiorydualuminat), sämmtlich mineralogische Seltenheiten. Aluminate.  
Vorkommen.

So selten die Aluminate in der Natur vorkommen, so wenige wurden auch bis jetzt künstlich dargestellt, weil noch keines derselben eine technische Anwendung gefunden hat, mit Ausnahme des Kobaltaluminates, welches eine sehr schöne und haltbare blaue Farbe (Reichner's Blau) bildet und bei der Reaction auf Thonerde mit Kobaltauflösung vor dem Löthrohre entsteht. (Vgl. unter Thonerde). Darstellung.

Man erhält die Aluminate im wasserfreien Zustande durch Glühen oder Zusammenschmelzen der Thonerde mit den entsprechenden freien oder kohlensauren Dryden, im wasserhaltigen Zustande die auflöslichen (alkalischen) Aluminate durch Auflösen der Thonerde in Kali- oder Natronlauge, (die Ammoniakflüssigkeit löst nur sehr wenig Thonerde auf);



die unlöslichen Aluminate gewöhnlich durch Fällung auflöslicher Salze der entsprechenden Basen durch Kalialuminat.

Entstehung  
als Neben-  
produkte.

Manche Aluminate entstehen auch bei chemischen Operationen als Nebenprodukte. So zieht man z. B. bei der Scheidung des Eisens von der Thonerde letztere durch Kalllauge als auflösliches Aluminat aus. So entstehen bei der Zersetzung der natürlichen Aluminate durch Zusammenschmelzen mit Alkalien, mit Zinkoxyd, Eisenorydul u. gemengte Aluminate der Alkalien. So erhält man, wie schon oben bemerkt wurde, Kobaltaluminat bei der Reaction auf Thonerde vor dem Löthrohr.

Eigenschaften.  
Form.

Die natürlich vorkommenden Aluminate, bis auf das Bleigummi, welches man noch nicht in ausgebildeten Krystallen gefunden hat, krystallisiren in Oktaëdern. Von den künstlich dargestellten hat man bloß das Kalisalz in Krystallen erhalten. Sie zeichnen sich durch eine bedeutende Härte aus, welche die des Quarzes übertrifft.

Von den künstlich erzeugten Aluminaten sind bloß die der fixen Alkalien und der alkalischen Erden auf trockenem Wege dargestellt worden, mit Ausnahme des Magnesiaaluminates, welches sich auf diesem Wege nicht herstellen läßt. Die, welche man kennt, erscheinen meist als undurchsichtige, wenig zusammenhängende Massen. Der Kalk bildet mit der Thonerde eine neutrale und zwei basische Verbindungen. Die erstere ( $\text{Ca Al}$ ) ist ein wachsglänzender Schmelz (Email), die halbbasische ( $\text{Ca}_2 \text{Al}$ ) eine halb dicke, halb poröse Masse und die zweifach basische ( $\text{Ca}_3 \text{Al}$ ) ein Glas, das Natronaluminat gleichfalls ein Schmelz.

Farbe.

Die Aluminate der Alkalien und alkalischen Erden sind zwar meistens, wie fast alle ihre Salze, farblos oder weiß, doch machen das Kali-, Baryt- und Strontiansalz (im wasserfreien Zustande) hiervon eine Ausnahme, das erstere ist grau, die beiden andern grünlich oder blau.

Die auf nassem Wege dargestellten unlöslichen Aluminate bilden gelatinöse Niederschläge, deren Farbe bei den Schwermetalloxyden etwas heller ist, als bei diesen Oxyden im freien Zustande.

Chemisches  
Verhalten.

Die natürlichen sind sämmtlich luftbeständig, von den künstlich erzeugten werden mehrere allmähig von der Kohlensäure der Luft zersetzt. Sie sind mit Ausnahme der alkalischen in Wasser sämmtlich unauflöslich. Die natürlichen werden auf nassem Wege nur von Fluorwasserstoffsäure zersetzt, von andern Säuren oder Alkalien werden sie weder angegriffen, noch aufgelöst. Die künstlich dargestellten werden von den Säuren, welche mit ihren Basen, und von den Alkalien, welche mit ihren Basen (z. B. Zink) und mit der Thonerde auflösliche Verbindungen bilden, aufgelöst. Sonst werden sie wenigstens von den Alkalien zersetzt, indem ihnen diese die Thonerde entziehen.

Die natürlichen Aluminate sind für sich unschmelzbar, werden aber von Borax und Phosphorsalz vor dem Löthrohre aufgelöst. Auch die künstlich dargestellten sind nicht oder sehr schwer schmelzbar, leichter bei vorwaltender Base. Nur das Natron- und halbbasische Kalkaluminat sind

leicht schmelzbar, das zweifachbasische Kalialuminat ist dagegen noch schwerer schmelzbar, als das neutrale.

Die natürlichen Aluminate können, wenn man keine Fluorwasserstoffsäure anwenden will, nur auf trockenem Wege zersetzt werden und zwar durch Zusammenschmelzen mit ägenden oder kohlensauren Alkalien, jedoch nur schwierig, leichter durch kohlensauren oder salpetersauren Baryt, am schnellsten und vollständigsten aber durch Schmelzen mit doppeltchwefelsaurem Kali<sup>1)</sup>.

Man erkennt die Aluminate daran, daß sie, als Pulver mit Kobalt-<sup>Erkennung.</sup> auflösung befeuchtet und geglüht, schön blau werden. Durch ihre Auflöslichkeit in Phosphorsalz unterscheiden sie sich von den Silicaten.

Insbesondere sind jetzt nur noch die im Gebiete der Forstwissenschaft wichtigen Metalle nebst ihren Verbindungen zu beschreiben.

### Leichtmetalle.

#### Kalium.

Zeichen K. Atomgewicht und Äquivalent 489,916.

Man erhält es durch heftiges Glühen eines Gemenges von verkohltem Weinstein oder kohlensaurem Kali mit Kohle.

Es ist zinnweiß, bei gewöhnlicher Luftwärme geschmeidig und weich, in der Kälte spröde, von 0,86 specifischem Gewicht, schmilzt bei  $+55^{\circ}\text{C.}$ , versüßigt sich bei Rothglühitze als grünes Gas. An der Luft läuft es schnell bleigrau an, dann weiß, indem es sich oxydirt, beim Erhitzen entzündet es sich sowohl an der Luft, als in allen sauerstoffhaltigen Gasen, und verbrennt mit rother Flamme zu Kaliumoxyd oder Kali. Auch ins Wasser und selbst auf Eis geworfen verbrennt es mit Heftigkeit und entzündet den Wasserstoff. Die meisten sauerstoffhaltigen Körper und Chlormetalle werden durch Kalium reducirt. Man muß es daher unter einem sauerstofffreien Körper, unter rectificirtem Steinöl (Kohlenwasserstoff) aufbewahren, um die Oxydation an der Luft zu verhüten. Aber auch durch den beim Öffnen des Gefäßes Zutretenden Sauerstoff der Luft bedeckt es sich allmählig mit einem braunen Überzug von Harzseife aus Kali und durch den Sauerstoff der Luft verätztem Steinöl.

Das Kali, K, kommt außer seinen Verbindungen mit Säuren nur Kali. als Hydrat (Ätzkali)  $\text{KH}$  vor, natürlich jedoch weder frei, noch als Hydrat, sondern an verschiedene Säuren gebunden, wie Schwefel-, Phosphor-, Salpeter-, Kiesel-, Sauerklee-, Weinstein- und verschiedene andere organische Säuren, im Mineralreich im Feldspath, Glimmer, Basalt, Klingstein, Granit etc, weniger im Thierreich, am meisten aber im Pflanzenreich, wo es beim Einäschern durch Verbrennung der Pflanzensäuren als kohlensaures Kali zurückbleibt.

1) Vgl. Poggendorff's Ann. d. Phys. u. Chem. 51. S. 275—284; pharm. Centralbl. 1841. S. 81—83.

Darstellung  
des Kali.

Man erhält es, wenn man einer kochenden Auflösung von 1 Theil kohlensaurem Kali in 7 Gewichtstheilen Wasser allmählig  $\frac{1}{2}$  Gewichtstheil gebrannten Kalk zusetzt, wobei die Kohlensäure mit dem Kalk als unauflösliche Verbindung zu Boden fällt, während die Flüssigkeit Kali enthält, oder (nach Wjgjo) indem man eine Auflösung von 1 Theil kohlensaurem Kali in 12 bis 15 Theilen Wasser mit 1 Theil Kalkhydrat in einer verschlossenen Flasche unter öfterem Umschütteln bei 20 bis 25° C. 24 Stunden stehen läßt.

Das Kalihydrat (Aßstein) ist eine feste, weiße, stark ägende, geruchlose Masse, die selbst bei starker Kälte an der Luft durch Wasseranziehung zerfließt, Kohlensäure aufnimmt und mit bedeutender Wärmeentwicklung (durch Bindung von Krystallwasser) sich in  $\frac{1}{2}$  Gewichtstheil Wasser auflöst, auch in Weingeist ist es löslich. Sein Wassergehalt (16%) kann nicht durch Wärme, sondern nur durch Säuren ausgetrieben werden, es schmilzt noch vor dem Glühen und verdampft langsam in starker Glühhitze. Seine Auflösung (Aßlauge) färbt rothes Lackmuspapier blau, macht die Finger schlüpfrig, verändert überhaupt die meisten organischen Körper und ist die stärkste aller Basen und kann deswegen nur in blanken Eisen- und Silbergefäßen, nicht aber in Glas- oder Thongeschirren geschmolzen werden, weil sie davon zersetzt werden; selbst Platinagefäße werden davon zerfört, indem sich dieses Metall in Berührung mit schmelzendem Kali oxydirt, um mit Kali ein Salz zu bilden.

Ausmittlung

Man erkennt das Kali im freien Zustande sowohl, als in seinen Salzen daran, daß es aus concentrirten Auflösungen von überschüssiger Weinsäure als ein weißer krystallinischer Niederschlag von doppeltweinsäurem Kali, von schwefelsaurer Thonerde nach Sättigung des freien Kalis ebenso als Kalithonerdesulphat (Alaun) gefällt, von Platinchlorid als gelber körniger Niederschlag von Kaliumplatinchlorid, von Kohlenstickstoffsäure mit blassgelber Farbe gefällt wird. Vor dem Löthrohre gibt es sich zu erkennen, daß es von Nickeloryd gelb gefärbtes Boraxglas blau und die Löthrohrflamme violett färbt. Letzteres erkennt man auch ohne Löthrohr, wenn man Kali oder ein in Weingeist lösliches Salz, z. B. Chlorkalium, in Weingeist löst und denselben anzündet. Wenn man daneben eine gewöhnliche Weingeistflamme abbrennen läßt, so findet man die Farbe der ersteren deutlich violett.

Anwendung.

Das Kali findet sowohl in der Chemie, als in der Technik eine sehr mannfaltige Anwendung. Seine Auflösung dient als Lösungsmittel für Kieselsäure, Thonerde, Schwefel und elektronegative Schwefelmetalle und Metalloxyde, zur Fällung von Erden und Metalloxyden, die man nicht als Carbonate haben will, besonders, um sie an ihrer Farbe im freien Zustande zu erkennen, zur Entwicklung und Erkennung des Ammoniak, welches vom Kali sehr leicht aus seinen Verbindungen abgetrieben wird, zur Auflösung organischer Körper, wie Eiweiß, Kiefer, Faserstoff u. Die Aßlauge dient ferner zur Seifenbereitung, Harzbleicherei, Färberei, in der Medicin u.

Die Kalifalze sind in Wasser löslich, enthalten kein oder wenig Kry-  
stallwasser und verwittern daher nicht.

Das kohlensaure Kali  $K_2CO_3$  kommt in der Natur nicht vor. Man erhält es im Großen in unreinem Zustande als Pottasche durch Auslaugen der Pflanzenasche, durch Eintrocknen der Lauge und Glühen des Rückstandes, rein durch Glühen des doppeltkohlensauren oder Gindschern des doppeltweinsäurehaltigen Kali's. Kohlensaures Kali.

Früher verpuffte man ein Gemenge von doppeltweinsäurem Kali mit Salpeter, indem man es in kleinen Antheilen in einen erhitzten Eisentiegel warf. Nimmt man von beiden gleiche Theile, so erhält man den früher sogenannten weißen Fluß, weil die aus der Weinsäure erzeugte Kohle vollkommen verbrennt; nimmt man aber 2 Theile Kalitrat auf 1 Theil Salpeter, so erhält man eine kohlenhaltige Masse, den schwarzen Fluß, so genannt wegen seiner Anwendung zu Metallreduktionen<sup>1)</sup>.

Das wasserfreie kohlensaure Kali ist eine feste, weiße, geruchlose Masse von einem dem Alkali ähnlichen, nur minder scharfen Geschmack, zerfließt an der Luft, löst sich in wenig mehr als seinem gleichen Gewichte kaltem und  $\frac{1}{2}$  heißem Wasser<sup>2)</sup>, nicht aber in Weingeist, die Auflösung macht die Finger schlüpfrig, färbt rothes Lackmuspapier blau, schmilzt bei starker Glühhitze, ohne Verlust von Kohlensäure und krystallisirt aus sehr concentrirten Auflösungen nur schwierig mit 2 Atomen Wasser in rhomboïdischen Tafeln oder rhombischen Oktaëdern.

Man benutzt das kohlensaure Kali als Reagens zum Fällen von Salzen, deren Basen mit Kohlensäure charakteristische Niederschläge geben, und zum Aufschließen von Silicaten, welche den Säuren widerstehen.

Das einfachschwefelsaure Kali  $K_2SO_4$ , welches in manchen Laven des Vesuv, als Bestandtheil des Alauns und Alaunsteins, in vielen Mineral- und auch im gewöhnlichen Quellwasser, sowie in Pflanzen und Thieren vorkommt und häufig als Nebenprodukt bei chemischen Prozessen erhalten wird, krystallisirt in 4- oder 6seitigen Säulen ohne Krystallwasser, von bitterlichem Geschmack und löst sich in 9 Theilen Wasser auf. Schwefelsaures Kali.

1) Über die Darstellung von reinem kohlensauren Kali sind zu vergleichen: Wackenroder über die verschiedenen Methoden zur Darstellung des kohlensauren Kali, Ann. d. Pharm. 24. S. 17—33; Dufk, Archiv d. Pharm. 20. S. 72—75; Landmann, Bullet. de la Soc. impériale des naturalistes de Moscou, Année 1838. Nr. 1. S. 58 oder Poggendorff's Ann. d. Phys. u. Chem. 46. S. 650; Mayer, Poggendorff's Ann. 46. S. 651—655; Duflos, Archiv d. Pharm. 23. S. 306 und Schubert, Erdmann's Journ. f. prakt. Chemie. 26. S. 117. Die erwähnten Abhandlungen finden sich theils vollständig, theils im Auszug im pharm. Centralbl. 1838. S. 113—118; 1839. S. 747—748, S. 456—457 u. S. 457—459; 1840. S. 750 und 1842. S. 461.

2) Über die Löslichkeit des kohlensauren Kali bei verschiedenen Temperaturen vgl. die Tabelle von Poggiate im pharm. Centralbl. 1844. S. 824—827 aus Bergelius' Jahresbericht. 24. S. 149—154.

Das zweifachschwefelsaure Kali  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7 + \text{H}$  wird ebenfalls häufig als Nebenprodukt bei chemischen Arbeiten erhalten, krystallisirt in 4seitigen Prismen von saurem Geschmack und saurer Reaction, verliert in höherer Temperatur Wasser und 1 Atom Schwefelsäure und löst sich in 2 Theilen Wasser.

Salpetersaures Kali.

Das salpetersaure Kali  $\text{K}\ddot{\text{N}}$ , Kalisalpeter, gewöhnlich nur Salpeter genannt, obgleich in der chemischen Sprache Salpeter ein Nitrat im Allgemeinen bezeichnet, ohne auf die Basis Rücksicht zu nehmen. Das salpetersaure Kali findet sich in der Natur an einigen Gesteinen der tertiären Formation ausgewittert und in mehreren Pflanzen, wie Boretsch, Dill, Schöllkraut, Löffelkraut, Tabak-, Sonnenblumen- und Maisstengel, Runkelrüben, Buglossum, Parietaria u. In thierischen Stoffen hat man es noch nicht gefunden.

Die Entstehung und Bereitung des Salpeters beruht auf Verbindung von Stickstoff, welcher bei der Fäulniß stickstoffhaltiger Körper entweder für sich, oder mit Wasserstoff in Verbindung als Ammoniak entwickelt wird, mit dem Sauerstoff der Luft zu Salpetersäure vermöge prädisponirender Verwandtschaft, welche durch die Gegenwart kohlensaurer oder freier Erden entsteht; reine oder kohlensaure Alkalien vermögen selbst aus den Bestandtheilen der Luft, namentlich dem Ammoniakgehalt derselben Salpetersäure zu bilden, um sich damit zu verbinden. Vgl. unter Salpetersäure S. 117.

Darstellung des Salpeters.

Man mengt daher in den Salpeterplantagen eine an stickstoffhaltigen Körpern reiche Erde, z. B. mit Erde vermengten verrotteten Dünger, mit Kalkschutt, errichtet davon lockere Haufen, die man durch Begießen feucht erhält. Man laugt die salpetersaure Kalkerde aus und zersetzt sie durch Pottasche, wo kohlensaure Kalkerde niederfällt, trocknet die Salpeterauflösung ein und schmilzt den braunen Rohsalpeter zur Zerstörung der braunfärbenden organischen Stoffe, löst ihn auf und läßt ihn unter Umrühren krystallisiren, um durch diese Störung der Krystallisation möglichst kleine Krystalle zu erhalten, die weniger Mutterlauge, welche noch fremde Salze enthält, einschließen. So macht namentlich ein Gehalt von Chlorkalium den Salpeter zu manchen Zwecken unbrauchbar. Man wäscht ihn daher mit einer reinen gesättigten Salpeterlösung, welche das Chlorkalium auszieht.

In volkreichen Städten, wie in Wien, laugt man die in der Nähe der Abtrittsräume befindliche Erde (Sayerde) aus. In Ungarn wittert der Salpeter an manchen Orten aus dem Boden, wo man ihn bei trockenem Wetter mit einem Pfluge abschabt und auslaugt (Kehrsalpeter). Endlich gewinnt man ihn auch durch Zersetzung des in Wasser gelösten salpetersauren Natrons durch Kalilauge, wodurch salpetersaures Kali entsteht, welches in Krystallen anschießt und Natron in der Mutterlauge bleibt.

Eigenschaften des salpetersauren Kali.

Das salpetersaure Kali bildet große sechsseitige Prismen mit zweifelhiger Zuspizung, ohne Krystallwasser, von salzig kühlendem Geschmack, luftbeständig, in  $7\frac{1}{2}$  Theilen Wasser von  $0^\circ \text{C.}$ , in fast  $3\frac{1}{2}$  von  $18^\circ$  und

in 0,4 kochendem Wasser unter Erzeugung von Kälte löslich, schmilzt leicht und entwickelt beim Glühen Sauerstoffgas unter Zurücklassung von salpetrigsaurem Kali ( $\text{K}\ddot{\text{N}}$ ), welches sich endlich unter Entwicklung von Sauerstoff und Stickstoff in Kali und Kaliumsuperoxyd zerlegt. Mit brennbaren Körpern, z. B. Kohle, gemengt, oder auf glühende Kohle gestreut, verbrennt es unter Verpuffung mit violetter Flamme, indem es dieselben oxydirt.

Man benutzt den Salpeter zur Gewinnung der Salpetersäure, zum Gebrauch. Einpöseln, zur Bereitung detonirender Pulver, besonders des Schießpulvers.

Das Schießpulver. Seine Bestandtheile, Bereitung und Wirkung Schießpulver. wurden von Roger Baco<sup>1)</sup> (+ 1294), also lange vor dem Franziskaner Berthold Schwarz, dem angeblichen Erfinder des Schießpulvers (1354), als eine bekannte Sache, indem man schon im 11. Jahrhundert schweres Geschütz brauchte, beschrieben. Die Chinesen wußten, wie es scheint, dasselbe schon vor Christi Geburt darzustellen.

Es ist ein Gemenge aus Salpeter, Kohle und Schwefel, etwa in dem Verhältnisse wie 6 : 1 : 1, oder nahezu wie 1 Äquivalent : 3 Äq. : 1 Äq., wie sich aus folgender Vergleichung ergibt.

Zusammensetzung des Schießpulvers.

	Theoretische	Preussisches Pulver	Englisches Pulver
Salpeter	74,6	75	75
Schwefel	11,9	11,5	12,5
Kohle	13,5	13,5	12,5
	100	100	100

Der Salpeter muß rein von Feuchtigkeit anziehenden Salzen, der Schwefel von erdigen Beimengungen und von Schwefelsäure fein, welche gleichfalls Feuchtigkeit anzieht, die Kohle aber muß leicht entzündlich, also von schwammigem Holze und beim Verkohlen nicht zu stark erhitzt worden sein. Man verwendet dazu geschälte und im Saft geschnittene Äste des Faulbaums (*Rhamnus Frangula*) oder der Traubentirsche (*Prunus Padus*), die man in Cylindern verkohlt.

Nach der älteren Methode bedient man sich bei der Bereitung des Schießpulvers zur Zerkleinerung und Mennung der Materialien der Stampfwerke. Zuerst bringt man die Kohle mit etwas Wasser befeuchtet in die Stampflöcher, läßt sie zu Brei stampfen und setzt dann Salpeter und Schwefel zu, womit sie so lange unter einander gearbeitet wird, bis sie einen ganz gleichförmigen consistenten Teig bildet. Der Teig wird an der Luft gehörig abgetrocknet, in Pergamentsieben mit einer Holzlinse oder einem Läufer beschwert und durch Schütteln des Siebes über einem Rosten in kleinen Stücken durchgepreßt (gekörnt). Durch Normalsiebe von Pergament werden gute Körner und Staub vom Groben gesondert und

Darstellung  
des Schieß-  
pulvers.

1) Nicht zu verwechseln mit Baco von Berulam, Kanzler von England im sechzehnten Jahrhundert. Er war ein englischer Mönch, 1214 geboren zu Titchester in der Grafschaft Somerset.

dann erstere durch Haarsiebe vom Staube befreit. Das getörnte Pulver wird entweder an der Luft oder in Trockenschuben bei Luftheizung auf aus-  
gespannter Leinwand getrocknet. Das Jagdpulver wird nach oberflächlichem  
Abtrocknen an der Luft noch der Operation des Glättens unterworfen, die  
man in einer um ihre Ase beweglichen, inwendig mit Längsleisten versehenen  
Tonne vornimmt.

Nach den neueren Methoden werden Schwefel und Kohle in  
Tonnen, die um ihre Ase drehbar und inwendig mit Längsleisten versehen  
sind, mittelst kleiner Bronzekugeln pulverisirt, ebenso der Salpeter, der  
feine Staub von den Kugeln abgeseiht, in dem gehörigen Verhältnisse ge-  
mengt und unter Zusatz von kleinen Zinnkugeln und etwas Wasser unter  
einander gearbeitet.

Ordinäres Schießpulver, namentlich Spreng- und Kriegspulver wird  
nun auf andere Weise behandelt, als Jagdpulver.

Man füllt den Staub in eine Trommel, die um eine durchbohrte und  
mit sehr feinen Löchern versehene Ase drehbar ist, und läßt durch letztere  
Wasser in sehr feinen Strahlen während des Umdrehens einfließen. Man  
setzt die Arbeit so lange fort, bis die meisten der gebildeten Körner die ge-  
wünschte Größe erlangt haben, sondert gute, zu grobe, zu feine Körner  
und Staub durch Sieben und trocknet die Körner zuerst an der Luft und  
dann durch künstliche Wärme.

Oder man preßt die Pulvermasse schichtenweise zwischen feuchten Lein-  
wandlappen und Kupferplatten unter einer hydraulischen Presse und törnt  
die erhaltenen dünnen Platten nach hinreichendem Abtrocknen.

Für das Jagdpulver wird die befeuchtete Masse auf eine Bahn aus  
Marmorplatten geworfen und gußeiserne, am Rand mit Messing beschla-  
gene Mahlböcke darüber geführt. Die so verdichtete Pulvermasse wird ge-  
törnt, dann mit Zinnkugeln zerrieben, wieder unter den Mahlböcken mit  
Wasser behandelt, abermals getörnt, aus einem Trichter zwischen zwei  
Leintücher ohne Ende geleitet, zwischen welchen sie kupferne Walzen pas-  
sirt, zerquetscht und zu dünnen Blättern gepreßt, darauf zum letzten Male  
getörnt, geglättet und getrocknet<sup>1)</sup>.

Eigenschaften  
des Schieß-  
pulvers.

Gutes Schießpulver besitzt eine bläulichgraue (Schiefer-) Farbe. Eine  
dunklere, schwarze Farbe zeigt zu viel Kohle oder Masse an. Es muß ein rund-  
liches, gleiches Korn haben, darf nicht zu leicht zerbröckeln, abfärben, keine  
harten Theile enthalten. Beim Anzünden muß es schnell abbrennen, ohne  
zu prasseln, ohne einen Rückstand zu lassen, ohne die Unterlage zu ver-  
fengen. Ein gelber oder schwarzer Rückstand zeigt Ueberschuß von Schwe-  
fel oder Kohle an, das Prasseln Feuchtigkeit, fremde Salze im Salpeter.

1) Eine ausführliche Beschreibung der Pulverfabrikation nebst Abbildungen  
findet man in Dumas' Handb. d. Chemie in ihrer Anwendung auf Künste und  
Gewerbe. Weimar 1831. II. S. 679—708 und in Knapp's Lehrbuch der chemi-  
schen Technologie. Braunschweig, Vieweg. 1844. I. S. 302—328.

Damit aber gutes Pulver seine Eigenschaften behalte, muß es sorgfältig aufbewahrt werden.

Zur Entzündung des Pulvers ist eine Temperatur von 300<sup>b</sup> C. erforderlich, eine von der Glühhitze noch ziemlich entfernte Temperatur. Ist das Pulver feucht, wie in den Pulvermühlen, so erfolgt die Detonation erst bei 350°, also kurz vor der Rothglühhitze des Eisens. Durch eine Flamme wird es schwerer entzündet, als von glimmenden kohligan Substanzen, im Wasserstoffgas gar nicht, im Stickstoffgas schwierig, in kohlen-saurem Gas ziemlich leicht.

Durch einen heftigen Schlag mit einem schweren Hammer auf einen Amboss kann sich das Pulver entzünden, ferner durch einen Stoß von Eisen gegen Messing, Kupfer, Marmor, Messing gegen Messing, Blei gegen Blei, selbst gegen Holz, wenn er äußerst heftig geschieht, ebenso, wenn man Quarzkörner unter Pulver mengt und ein schweres Quarzstück darauf fallen läßt, daher das fast unfehlbare Explodiren in Pulvermühlen mit steinernen Läufern auf gußeiserner Bahn, bei Gegenwart von sehr geringen Mengen Sandstein oder Kieselrde; ebenso durch sich löschenden Kalk, durchs Abbrennen einer kleinen Menge starken Weingeists, welche auf Pulver geschüttet wurde.

Auch elektrische Funken entzünden das Pulver, wenn sie zuvor durch einen mittelmäßig guten Leiter gegangen sind, oder wenn sie lange genug mit dem Pulver in Berührung bleiben. Man hat sich daher zur Entzündung des Pulvers beim Sprengen von Felsen galvanischer Batterien bedient. Wegen der Unbequemlichkeit und Kostspieligkeit dieser Vorrichtungen schlägt Pauer vor, die Leydnerflasche in der Art anzuwenden, daß man den Verbindungsdraht durch ein etwa 6 Zoll langes, nasses Stück Leinwandschnur unterbricht.

Zur Verhütung von Explosionen mengt man nach Vobert das Pulver mit Graphit- oder Kohlenstaub, es verbrennt dann beim Entzünden ganz ruhig und langsam unter Zischen. Das Feuer pflanzt sich von einem Fasse nicht auf ein anderes fort. Um es wieder explosibel zu machen, darf man nur den Zusatz wieder abgießen<sup>1)</sup>.

Wenn ein glühender oder brennender Körper mit dem Pulver in Berührung kommt, so fängt die Kohle Feuer und augenblicklich erfolgt die Detonation, wird aber das Pulver allmählig bis zur Detonation erhitzt, so entzündet sich der Schwefel zuerst. Bei einem zweckmäßig gemischten Pulversatz entsteht durch dessen Entzündung Stickstoffgas, Schwefelkalium und Kohlen-säure:  $\text{K}\ddot{\text{N}}\text{S}3\text{C} = \text{K}3\ddot{\text{C}}2\text{N}$ . Der Geruch nach Schwefelwasserstoff bei der Schießpulverexplosion entsteht erst durch Zersetzung des Schwefelkaliums unter Mitwirkung der entstandenen Kohlen-säure und des hygroskopischen Wassers des Pulvers. Bei einem Pulversatz von 74,84

Das  
Abrennen  
des Schieß-  
pulvers.

1) Vgl. gemeinnütz. Wochenbl. d. Gewerbevereins zu Köln. 1845. S. 111 oder Pfenning-Magazin. 1844. S. 335.



Salpeter, 13,31 Kohle und 11,85 Schwefel entwickeln sich bei einem vollständigen Verbrennen 48,4 Kohlensäure, 10,5 Stickgas mit Zurücklassung von 41,1 Schwefelkalium. Die erzeugten Gase würden bei 0° einen 450 Mal größeren Raum einnehmen, als das Pulver, allein vermöge der beim Verbrennen desselben frei werdenden Hitze (1000°?) müssen die Gase mit gewaltiger Spannung nach Ausdehnung streben, die Kugel fortschleudern oder den Fels sprengen.

Die Kohle bedingt die Detonation durch den Salpeter, ein bloß aus Kohle und Salpeter gemischtes Pulver würde sich nicht schnell genug durch und durch entzünden, nicht genug kohlen-saures Gas erzeugen, da dann das Kali unzerlegt bleiben, ja selbst Kohlensäure absorbiren würde. Der Schwefel trägt zwar zur Gaserzeugung nichts bei, zerlegt aber das Kali, bildet Schwefelkalium und vermehrt durch die Sauerstoffabscheidung aus dem Kali und Verhinderung der Absorption von Kohlensäure durch das Kali die Menge des Kohlensäuregases. Salpeter und Schwefel ohne Kohle geben ein schwer entzündliches, langsam abbrennendes, wenig kräftiges Pulver, da sich hier nur wenig schwefligsaures Gas nebst schwefelsaurem Kali bildet. Je besser das Pulver ist, desto weniger verbrennt Schwefel zu schwefligsaurem Gas, wodurch Sauerstoff entzogen wird, desto weniger entsteht Kohlenorydgas in Folge von zu großem Zusatz von Kohle. Es entsteht zwar durch Bildung von Kohlenorydgas eine größere Gasmenge, als wenn sich Kohlensäure erzeugt, allein die Wärmeentwicklung ist im letzteren Falle um so viel größer, daß hierdurch das Gasvolum weit größer wird, als im ersteren Falle. Kohlensaures und schwefelsaures Kali sind die Folgen einer unvollkommenen Verbrennung und bleiben nebst Schwefelkalium und unverbrannter Kohle im Rückstand.

Bei Verbrennen des Pulvers in einem Kupferrohr erhielt man nachstehendes Gasgemenge:

	Chevreul	Gay-Lussac
Kohlensäure	45,41	53
Stickstoff	37,53	42
Kohlenoryd	—	5
Stickoryd	8,10	—
Kohlenwasserstoff	0,59	—
Eigenthümliches Gas aus Kohlenwasser und Sauerstoff	8,37	—

Die überwiegende Menge der beiden ersten Gase zeigt deutlich, daß die drei letzteren nur zufällig sind, theils von der unvollkommenen Einwirkung der Gemengtheile auf einander, theils von Feuchtigkeit herrührend. Das durch das Abbrennen des Schießpulvers erzeugte Gas besteht demnach bei vollkommener Verbrennung wesentlich wohl nur aus Kohlensäure und Stickstoff.

Das Körnen des Pulvers hat mehrere Gründe: 1) Würde das staubförmige (Mehl-) Pulver, wie es bis zum 14. Jahrhundert allein bekannt war, zu stark schmutzen. 2) Bei längerem Transport würde nicht bloß viel

verstäuben, sondern es würde sich auch der schwerere Salpeter und Schwefel allmählig nach unten senken und die leichtere Kohle oben bleiben. 3) Erhöht das Körnen die Wirkung desselben, weil dadurch die Ladung so porös wird, daß die Flamme gleichzeitig jedes Korn entzünden kann. Indes erfolgt die Zersetzung des Pulvers nicht absolut plötzlich, und explodirende Körper, bei denen die Zersetzung plötzlich erfolgt, sind nicht zum Werfen von Projektilien geeignet, sie zersprengen eher den Lauf, ehe sie die Kugel her austreiben. Man setzt daher gewöhnlich dem Sprengpulver das mehrfache Volum an trockenen Sägespänen zu, um ein Pulver zu erhalten, welches langsamer verbrennt und eine anhaltendere, zur Bewegung großer Massen geeignetere Wirkung ausübt. Je kleiner das Korn, desto rascher erfolgt die Verbrennung, feinkörniges Pulver wirkt daher stärker als grobkörniges. Für den Jagdgebrauch, wo die Läufe sehr sorgfältig und aus dem reinsten, zähsten Eisen gearbeitet sind, also einen sehr starken Widerstand leisten, hat man die rasche Explosion nicht zu scheuen. Das Jagdpulver ist daher am feinkörnigsten, während man für die Geschütze aus sprödem Metall das größte und für die Musketen ein mittleres Korn anwendet. Rundes Korn nimmt weniger Feuchtigkeit auf, läßt größere Zwischenräume als eckiges, welches letztere aber bei größerem Korn weit entzündlicher ist. Das Poliren oder Glätten des Pulvers vermindert das Abschmutzen und Feuchtwerden, gibt Glanz, allein es entzündet sich schwerer<sup>1)</sup>.

Der Rückstand vom Abbrennen des Pulvers, eine schwarzgraue Masse, wird an der Luft schnell feucht, wirkt pyrophorisch, erhitzt sich, in Wolle oder Papier eingepackt, schnell bis zum Entzünden der Hülle; nach längerem Stehen an der Luft wirkt die Masse nicht mehr pyrophorisch. Die Ursache dieser Wirkung ist das vorhandene Schwefelkalium. Letzteres veranlaßt auch durch Wasseranziehen aus der Luft das Rosten der Gewehre. Bei bronzernen Geschützen enthält der Rückstand Schwefelkupfer in Folge der chemischen Einwirkung des Schwefelkaliums auf das Kupfer der Geschütze, die dadurch ausgedehnt werden.

Wird Pulver auf einen kleinen Haufen geschüttet und angezündet, so verbrennt es vollständig ohne bedeutende Explosion, stampft man es dagegen in ein Geschütz fest ein, setzt eine Kugel oder Pfropfen darauf und feuert ab, so verbrennt es mit heftigem Knall, aber nicht vollständig, sondern es wird zum Theil unverbrannt herausgeschleudert. Es entzündet sich nämlich wegen des festen Eindrückens nicht augenblicklich, sondern, da die Explosion von hinten beginnt, wird der vordere Theil vorwärts getrieben und verbrennt theils noch im Lauf, theils wird es, ohne zu verbrennen, herausgeschleudert, die Percussionsgewehre bewirken dagegen ein vollständigeres Entzünden der Pulverladung, indem die Detonation des Knallquecksilbers einen kräftig zündenden und durchschlagenden Feuerstrahl erzeugt, so daß man mit einer um  $\frac{1}{3}$  geringeren Ladung denselben Effekt erreicht.

1) Über den Verbrennungsprozeß des Schießpulvers vgl. auch Leuchs' polytech. Zeitung. 1846. S. 173.

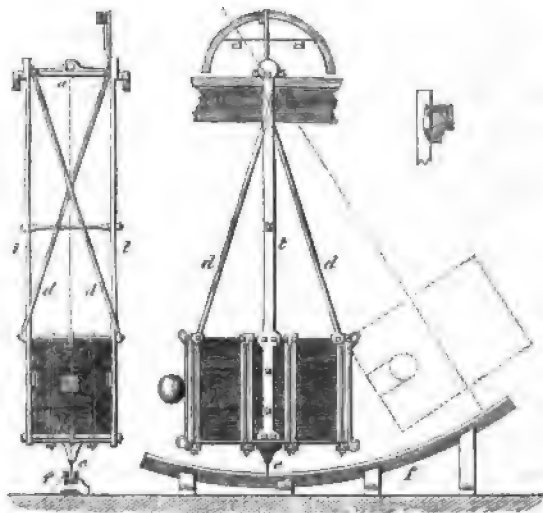
## Pulverprobe.

Um die Stärke (treibende Kraft) des Pulvers zu prüfen, bedient man sich verschiedener Werkzeuge, welche man **Pulverproben** nennt. Eine abgefeuerte Ladung setzt nämlich nicht allein die Kugel, sondern auch den Lauf in Bewegung, wie man dies beim Abbrennen der Kanonen sieht. Bei den verschiedenen Pulverproben, welche eigentlich kleine Kanonen oder Mörser sind, benutzt man beide Bewegungen, sowohl die der Kugel, als die Rückwirkung auf den Lauf, um darnach die Kraft des Pulvers zu messen.

Bei der in Österreich gebräuchlichen **Stangenprobe** mißt man die Höhe, bis zu welcher ein bestimmtes, zwischen zwei Zahnstangen verschiebares Gewicht durch das Abfeuern gehoben wird, welches auf der Mündung eines mit einer gewissen Menge Pulver geladenen Mörfers ruht. Bei den **Probemörsern**<sup>1)</sup> dagegen bestimmt man die Entfernung, bis auf welche eine Kugel von bekanntem Gewichte geworfen wird, wenn der Mörser in einem Winkel von  $45^\circ$  aufgestellt und mit der vorgeschriebenen Pulverladung versehen ist.

Die **Pendelprobe** kann auf zweierlei Art angestellt werden. Entweder ist der Lauf als Pendel aufgehängt, welches dann durch den rückwirkenden Stoß bewegt wird; oder man läßt die Kugel aus einem zur Seite befindlichen Laufe in einen als Pendel aufgehängten Kugelfang (Kasten mit Sand oder einen mit Eisen beschlagenen Holzblock) einschlagen. In beiden Fällen mißt man den Bogen, welchen das Pendel nach dem Stoß zurücklegt. Fig. 101 zeigt letztere Vorrichtung. Der Holzblock ist an einer Ase *a* durch die beiden geraden Stangen *tt* und die vier schrägen

Fig. 101.



1) Abbildungen der Probe von Regnier und des Probemörfers s. in Dumas' Handb. d. Chemie in ihrer Anwendung auf Künste und Gewerbe. Weimar 1831. II. Taf. 19 Fig. 9 u. 10.

dddd aufgehängt. Eine Spitze *e* durchläuft die kreisförmige Rinne *f* und zeichnet ihre Spur in weiches Wachs.

Die Probe von **Megnier** <sup>1)</sup> benugt den vor- und rückwärts wirkenden Stoß. Eine kleine Messingkanone ist an einer zweischenkigen, freihängenden Stahlfeder so befestigt, daß sie sich mit der Mündung an das Ende des einen Schenkels, mit der Traube dagegen an ein mit dem andern Schenkel fest verbundenes, hakenförmiges Querstück von Eisen stützt. Der eine Schenkel wird also beim Abfeuern durch die rückwirkende, der andere durch die entgegengesetzte Kraft und mithin in einer solchen Richtung bewegt, daß die Gesamtkraft der Ladung dahin wirkt, die Schenkel einander zu nähern. Der Grad dieser Annäherung, welcher als Maßstab dient, kann an einem getheilten Bogen mit Schieber abgelesen werden.

Die **hydrostatische Probe** ist auf den rückwirkenden Theil der Kraft allein berechnet. Sie besteht aus einem Laufe, welcher senkrecht auf einem Schwimmer befestigt ist. Durch die Rückwirkung wird derselbe bis zu einer gewissen Tiefe, die man beobachtet, eingetaucht.

Die chemische Analyse des Schießpulvers kann auf folgende Weise ausgeführt werden: Man bestimmt zuerst durch vorsichtiges Trocknen den Gehalt an hygroskopischer Feuchtigkeit, zieht mit Wasser aus dem getrockneten Pulver den Salpeter aus, verdampft den Auszug und wiegt den trockenen Salpeter. Eine andere Menge des getrockneten Pulvers wird mit Schwefelwasserstoffammonium digerirt, worin sich Salpeter und Schwefel auflösen, man filtrirt ab, süßt mit Schwefelwasserstoffammonium und dann mit ausgekochtem Wasser schnell aus, trocknet und wiegt die rückständige Kohle. Die Menge des Schwefels wird aus dem Verluste gefunden. Oder man behandelt das mit Wasser ausgezogene Pulver mit Schwefelwasserstoffammonium und bestimmt das Gewicht der zurückbleibenden Kohle.

Chemische  
Analyse des  
Schießpul-  
vers.

Schwefligsaures Natron (durch Bildung von unterschwefligsaurem Natron  $\text{Na}_2\text{S}$ ) und Schwefelkalium ziehen den Schwefel auch beim Erwärmen nur langsam aus.

Beim Ausziehen mit Schwefelkohlenstoff muß zuvor das rückständige Auslaugewasser durch absoluten Alkohol verdrängt und nach dem Ausziehen mit Schwefelkohlenstoff der Rückstand mit Alkohol ausgewaschen werden.

Auch abdestilliren kann man den Schwefel von der Kohle, nachdem zuvor der Salpeter entfernt worden ist.

Gewöhnlich bestimmt man den Schwefel als schwefelsauren Baryt. Die Methode ist genauer als viele andere, weil der schwefelsaure Baryt noch nicht den siebenten Theil Schwefel enthält ( $100 \text{ BaS} = 13,717 \text{ S}$ ). Man bringt 12 Theile einer Mischung von 1 Theil salpetersaurem Baryt mit 3 Theilen kohlensaurem Baryt innig gemengt mit einem Theil Pulver in eine unten zugeblasene Verbrennungsröhre und oben auf eine Schichte des Salzgemenges ohne Pulver, glüht von vorne nach hinten, spült mit verdünnter Salzsäure aus und kocht mehrere Stunden.

1) Siehe die Anmerkung S. 230.

Sand findet sich beim Verbrennen der Kohle <sup>1)</sup>.

Chlorsaures  
Kali.

Das chlorsaure Kali  $\text{K}^{\ddot{\text{O}}}\ddot{\text{O}}\text{Cl}$  erhält man durch Einleiten von Chlorgas in concentrirte Kalilauge, bis Lackmuspapier darin gebleicht wird. Die Flüssigkeit enthält Chlorkalium und unterchlorigsaures Kali und dient so als Eau de Javelle (Javelle'sche Lauge) als Bleich- oder Fleckwasser. Durch Abdampfen der Auflösung zerlegt sich das unterchlorigsaure Kali in Chlorkalium und chlorsaures Kali, wovon letzteres beim Erkalten anschießt und durch Umkrystallisiren von Chlorkalium befreit wird. Statt Aetkali läßt sich auch kohlensaures Kali anwenden.

Es bildet perlmutterglänzende, weiße Krystallblättchen von kühlend-salzigem Geschmack, in 16 Theilen kaltem und weniger als 2 Theilen siedendem Wasser löslich. Bei gelinder Hitze schmilzt es ohne Zersetzung, bei höherer entwickelt es Sauerstoffgas und verwandelt sich in Chlorkalium und überchlorsaures Kali, bis endlich bloß Chlorkalium zurückbleibt. Mit brennbaren Körpern gemengt explodirt es durch Erhitzung, Druck oder Reibung mit heftigem Knall. In rauchende Schwefelsäure geworfen zersetzt es sich unter Explosion in schwefelsaures Kali, Chlor- und Sauerstoffgas.

Anwendung.

Man gebrauchte das chlorsaure Kali mit Schwefel und Phosphor zur Bereitung der Streichzündhölzer, jetzt wendet man dafür Salpeter an, weil dieser ein ruhigeres Verbrennen bewirkt und daher das Sprigen der brennenden Masse verhütet. Man hat auch dieses Salz zur Bereitung von Schießpulver versucht. Letzteres wirkt allerdings viel kräftiger als Salpeter, aber seine Anwendung ist so gefährlich, indem es beim Zusammenmischen, Aufbewahren und Transportiren sehr häufig explodirt, daß man es wieder aufgeben mußte, abgesehen davon, daß es auch viel theurer ist als Salpeter. Der Versuch, es als Zündkraut zu benutzen, scheiterte sowohl aus diesem Grunde, als, weil das beim Entzünden freiwerdende Chlorgas das Eisen stark angreift, so daß man Schlagröhren und Zündlöcher mit Gold oder Platin ausfüttern mußte. Man wählte daher das sicherere und vorzüglichere Knallsilber, womit man jetzt allgemein die Zündhütchen füllt.

Kieselsaures  
Kali.

Kieselsäure kann sich mit dem Kali in mehreren Verhältnissen verbinden, mehrere solcher Verbindungen kommen im Mineralreich vor, wie im Feldspath, Glimmer, Leucit, Apophyllit, Chabasit, Harmotom etc., mit kieselaurer Thonerde und kieselurem Kalk, worin die Sauerstoffmenge der Kieselsäure zu der des Kali sich verhält = 2, 3, 6 : 1. Auch künstlich lassen sich verschiedene dieser Verbindungen herstellen. Die Verbindungen des Kali mit wenig Kieselsäure sind im Wasser leicht löslich, bei größerer Menge der Kieselsäure aber schwer löslich oder ganz unlöslich.

1) Vgl. die Abhandlung über Analyse des Schießpulvers von Marchand im Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 32. S. 48—61 u. 36. S. 193—214 und von da in Dingler's polytech. Journ. Bd. 93. S. 288 u. Bd. 101. S. 368 und pharm. Centralbl. 1846. S. 937—942 und Dr. Werther im Berliner Gewerbe-, Industrie- und Handelsblatt. Bd. 20. 1846. S. 54—59 u. 68—70.

Eine sehr basische Verbindung von Kali mit Kieselsäure ist die **Kiesel-feuchtigkeit**, welche man durch Zusammenschmelzen von 1 Theil Quarz-pulver und 3 Theilen kohlensaurem Kali erhält als eine durchsichtige, farb-lose (grünliche) Glasmasse, die sich in Wasser leicht auflöst, an der Luft feucht wird und mit einer Säure vermischt oder auch allmählig durch die Einwirkung der Kohlensäure der Luft gallertartige Kieselsäure absetzt. Diese Verbindung stellt man dar zur Bereitung reiner Kieselsäure und beim Auf-schließen kiesel säurehaltiger Mineralien, indem man dieselben mit 3—4 Thei-len kohlen saurem Kali (oder Natron) zusammenschmilzt.

Das **Wasserglas** erhält man durch Zusammenschmelzen von 3 Thei-len feinem Quarzsand, 2 Th. gereinigter Pottasche und  $\frac{1}{2}$  Kohlenpulver. Letzteres soll die Kohlensäure der Pottasche in Kohlenoxydgas verwandeln, wodurch die Zersetzung erleichtert wird, andererseits soll es den Gehalt der Pottasche an schwefelsaurem Kali in Schwefelkalium zersetzen, um so alles vorhandene Kali zu benutzen. Die Glasmasse ist grauschwarz, porös, ver-liert an der Luft durch Anziehen von etwas Wasser den Glasglanz <sup>1)</sup>. Setzt man es gepulvert der Luft aus, so wittern noch vorhandene fremde Salze aus und lassen sich durch kaltes Wasser leicht abspülen. Man löst dann das Glas in 5—6 Theilen kochendem Wasser auf, indem man es in kleinen Portionen zusetzt und verdampft zur Syrupsdicke, weil sie bei dieser Consistenz von der Kohlensäure der Luft nicht verändert wird, wohl aber dünnflüssig. Die Auflösung bildet beim Eintrocknen eine farblose, durchscheinende Glasmasse von muscheligen Bruch und Glasglanz, welche durch die Kohlensäure der Luft nicht verändert wird. Man benutzt das Wasserglas als Überzug für Gegenstände von Holz, Leinwand, Papier, um sie vor dem Anbrennen zu schützen. Man bestreicht dieselben mit einer Auflösung des Glases, welcher man irgend eine feuerfeste Körperfarbe zu-gefest hat, wie Kreide, gelbe und grüne Erde, Thon, Knochenasche, Glas-pulver, Bleiglätte u.

Zu den unlöslichen Verbindungen des Kali mit Kieselsäure gehört jene, welche mit Natron- und Kalisilicat das gewöhnliche Fensterglas bildet.

Von den Haloidsalzen ist hier nur zu erwähnen das

**Cyankalium**, KCy. Es kommt, wie Cyanverbindungen überhaupt, <sup>Cyankalium.</sup> nie natürlich, sondern nur als Kunstprodukt vor. Man erhält es im un-reinen Zustande durch Glühen von Thierstoffen (Stickstoffkohle) mit Pottasche, rein bis auf eine Beimengung von Kohle durch Zusammenschmelzen von 8 Theilen Cyaneisenkalium mit 3 Theilen kohlenstoffhaltigem kohlen sauren Kali (geglühtem Weinslein) und 1 Theil Kohlenpulver.  $2 \text{KCy} + \text{Fe Cy} \text{K} \text{C} = 3 \text{K Cy Fe C} \text{C}$ .

Das Cyankalium hat einen alkalischen und zugleich blausäureartigen Geschmack und Geruch, krystallisirt in Oktaëdern, zerfließt an der Luft

1) Nach Mitscherlich erhöht Natronzusatz die Schmelzbarkeit des Kalisilicats, macht das dadurch erhaltene Wasserglas so hart, daß es Glas rißt, die Auflösung gerinnt nicht und vertrocknet zu einem firnißartigen Überzug.

und wird dabei allmählig in kohlensaures Kali zerlegt. Es schmilzt sehr leicht, schon in einer bei Tageslicht nicht mehr sichtbaren Rothglühhitze, indem es sich dabei, jedoch nur sehr langsam zu cyansaurem Kali oxydirt. Es ist ein ebenso heftiges Gift als die Blausäure.

Vermöge des verschiedenen Verhaltens der Salze zur Auflösung des Cyankaliums findet es sowohl zur qualitativen als quantitativen Analyse vielfache Anwendung. Die Salze der Alkalien, alkalischen und eigentlichen Erden, so wie die von Antimon, Zinn, Blei und Bismuth werden beim Zusammenbringen mit Cyankalium nicht zu Cyaneten, während die Salze der übrigen Metalloryde davon in Cyanmetalle verwandelt werden. Die Salze der ersten Abtheilung werden vom Cyankalium entweder als Dryde vollständig gefällt wie Kalk, Baryt, Strontian, Bittererde (letztere nur beim Kochen), Thonerde, Blei und Bismuth, oder unvollständig wie Antimon und Zinn oder gar nicht, wie Kali, Natron und Ammoniak.

Die Metalle der zweiten Abtheilung werden in Wasser nicht, wohl aber in Cyankalium als Doppelcyanete aufgelöst. Einige werden durch Säuren aus letzterer Auflösung durch Zersetzung des Cyankaliums wieder gefällt. Die Niederschläge sind entweder in Salpetersäure unlöslich wie Cyansilber, schwerlöslich wie Cyannickel, oder leichtlöslich wie Kupfercyanür, Cyanzink, Cyancadmium, Palladiumcyanür, Platincyanid.

Ander, welche nur in viel Cyankalium auflöslich sind, werden aus diesen Auflösungen von Säuren nicht gefällt, wie Eisen, Kobalt, Mangan, Chrom und Uran. Eines, das Cyanqued Silber ist in Wasser löslich.

Bei Versuchen auf trockenem Wege dient das Cyankalium wegen seines dünnen Flusses schon bei niedriger Temperatur als Flussmittel und wegen seiner Neigung, beim Erhitzen in cyansaures Kali überzugehen, als ein gutes Reductionsmittel für Metalloryde. Es übertrifft zwar in dieser Beziehung die Kalisalze der Pflanzensäuren und den schwarzen Fluss nicht, aber es hat vor ihnen den Vorzug, daß die Metalle nicht kohlehaltig werden.<sup>1)</sup>

### Natrium.

Zeichen Na. Atomgewicht und Äquivalent 290,897.

Natron.

Es ist silberweiß, starkglänzend, bei mittlerer Temperatur weich und geschmeidig, von 0,93 specifischem Gewicht, schmilzt bei  $+ 90^{\circ}$  C., verflüchtigt sich schwieriger als Kalium, erst bei Weißglühhitze, läuft an der Luft nicht so schnell an, wie Kalium, oxydirt sich in kaltem Wasser unter Wasserstoffgasentwicklung, aber ohne Entzündung, in heißem Wasser verbrennt es mit gelber Flamme. Es wird wie das Kalium aufbewahrt und dargestellt.

Das Natron  $\text{Na}$  kommt wie das Kali außer seinen Verbindungen mit Säuren nur als Hydrat  $\text{NaH}$  (Ignatron) vor; natürlich nicht als

1) Eine ausführliche Abhandlung über die Anwendung des Cyankaliums in der chemischen Analyse von Gayden und Fresenius s. in den Ann. d. Chem. u. Pharm. 43. S. 120—149; pharm. Centralbl. 1842. S. 687—700.

Hydrat, sondern nur an verschiedene Säuren gebunden, wie Kohlen-, Schwefel-, Phosphor-, Borax-, Salpeter-, Kieselsäure u., im Pflanzen- und Thierreich, besonders aber in verschiedenen Gesteinen, wie Natrolith, Sodolith, Analcim, Zeolith, Albit, Labrador, Lava, Basalt, Chabasit, Mesotop, Mesolith, Mesole, Stapolith, Natronspodumen, Gläolith u.

Seine Darstellung und Eigenschaften kommen mit denen des Äkali ganz überein, doch zerfließt es, obschon es Feuchtigkeit anzieht, nicht an der Luft, sondern es bläht sich dabei auf, unter Anziehung von Kohlensäure und zerfällt dann zu Pulver.

Man erkennt das Natron sowohl im freien Zustande, als in seinen Salzen daran, daß es zwar die den Alkalien im Allgemeinen (s. S. 199), aber weder die dem Kali, noch dem Ammoniak ins Besondere zukommenden Reactionen zeigt. Dagegen bringt es nach Sättigung von etwa vorhandenem freien, oder kohlensauren Natron, oder Kali, eine Auflösung von neutralem antimonischen Kali auch noch bei 500facher Verdünnung ihrer Lösung eine Trübung und später einen krystallinischen Niederschlag hervor, der nur mit dem verwechselt werden kann, welcher bei Talkerdesalzen entsteht; man muß sich daher zuvor von deren Abwesenheit überzeugt haben. Leichter gelingt die Erkennung des Natrons auf trockenem Wege. Es färbt nämlich die Löthrohrflamme deutlich pomeranzengelb, ebenso die Flamme des Weingeistes, worin man Natron, oder ein darin auflösliches Natronsalz gelöst hat. Endlich färbt es nicht wie das Kali und seine Salze durch Nickeloryd gelbgefärbtes Boraxglas blau, sondern läßt es unverändert.

Zusammensetzung  
des Natrons.

Man benutzt das Natron in der Chemie und Technik zu fast denselben Zwecken wie das Kali und es wird, wo es mit diesem in seinen chemischen Eigenschaften übereinstimmt, wegen seines geringeren Preises und seiner größeren Sättigungscapacität noch häufiger verwendet, als dieses.

Anwendung  
des Natrons.

Die Natronsalze sind im Wasser löslich, und enthalten häufig Krystallwasser, weshalb viele verwittern.

Das kohlensaure Natron oder Soda  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10 \text{H}_2\text{O}$  findet sich in einigen Mineralquellen aufgelöst, wie im Karlsbader Wasser, in größerer Menge in den heißen vulkanischen Quellen auf Island, im Geysir, als Efflorescenz auf verschiedenen Gesteinen, an den Ufern der Natronseen in Ägypten, Persien, der Tatarei, in Ostindien, China, Tibet, Mexico, Ungarn, bei Bilin, Eger u. a. D. in Böhmen; es wittert auch zuweilen in garten Radeln aus feuchten Mauern aus, wo es von einer Zersetzung des Chlornatrium durch den Kalk des Mörtels herrührt.

Kohlensaures  
Natron.

Man erhält es durch Auslaugen der Asche von Strandgewächsen, ebenso wie die Pottasche aus der Holzasche, oder durch Zersetzung des schwefelsauren Natrons, indem man es mit gepulvertem Kalkstein (kohlensaurem Kalk) und Kohle zusammenschmilzt:  $3 \text{Na}_2\text{SO}_4 + 4 \text{CaCO}_3 + 19 \text{C} = 3 \text{Na}_2\text{CO}_3 + 4 \text{CaO} + 7 \text{CO}_2 + 12 \text{C} = 3 \text{Na}_2\text{CO}_3 + 4 \text{CaO} + 3 \text{CO}_2 + 20 \text{C} = 3 \text{Na}_2\text{CO}_3 + 3 \text{CaCO}_3 + 3 \text{CO}_2$ . Mit der noch übrigen Kohle bilden 6 Atom Sauerstoff aus

Darstellung.



der Luft Kohlensäure, die sich mit dem Natron vereinigt:  $3 \text{Na}\ddot{\text{C}} + 3 \text{Ca}\ddot{\text{C}}\text{a} + 20 \text{C}$ . Die aus Natron und einer Verbindung von Kalkerde mit Schwefelcalcium (Calciumorypsulphuret) bestehende Masse läßt man an einem feuchten Orte zerfallen, wobei sich das Natron in kohlensaures Natron verwandelt, welches man durch Auslaugen mit Wasser von der darin unlöslichen Kalkverbindung trennen kann.

Letzteres Verfahren wurde von dem Franzosen Leblanc erfunden, nachdem die französische Regierung unter Napoleon einen Preis von einer Million Franken auf die Erfindung eines einfachen Verfahrens, Soda aus Kochsalz darzustellen, ausgesetzt hatte, weil bei der Erschwerung des Handels durch den Krieg mit Spanien, woher bis dahin der größte Theil der Soda bezogen worden war, letztere bedeutend im Preise stieg. Obgleich diese Erfindung Frankreich und ganz Europa viele Millionen ersparte, erhielt dennoch Leblanc den ausgesetzten Preis nicht, weil ihn die Restauration nach Napoleons Sturz nicht anerkannte. Endlich erhält man die Soda auch als Nebenprodukt bei der Darstellung von Kalisalpeter mittelst Zersetzung von salpetersaurem Natron durch kohlensaures Kali, wobei zuerst das schwerer lösliche salpetersaure Kali, dann kohlensaures Natron krystallisirt.

Eigenschaften.

Das krystallisirte kohlensaure Natron bildet wasserhelle schiefe rhombische Säulen von scharfem Laugengeschmack, die sich in 2 (das wasserfreie in 6) Theilen kaltem und  $\frac{1}{4}$  (das wasserfreie in 2) Theil heißem Wasser<sup>1)</sup> auflösen, Lackmus bläuen und unter Verlust ihrer 63% Krystallwasser in der Luft leicht verwittern. Es ist im wasserfreien Zustande etwas leichter schmelzbar als Pottasche. Demohngeachtet schmilzt ein Gemenge aus Soda mit Pottasche noch leichter, als die Soda für sich.

Die Anwendung des kohlensauren Natrons ist ziemlich dieselbe, wie die des kohlensauren Kali.

Kohlensaures  
Kallnatron.

Das kohlensaure Natron bildet mit dem kohlensauren Kali ein Doppelsalz ( $2 \text{Na}\ddot{\text{C}} + \text{K}\ddot{\text{C}} + 18 \text{H}$ ), welches man durch Auflösen von kohlensaurem Natron in einer Auflösung von kohlensaurem Kali erhält. Es bildet leicht lösliche, an der Luft wenig verwitternde Krystalle, welche noch keine technische Anwendung fanden. Wichtiger ist die Verbindung von 1 Atom kohlensaurem Natron und 1 Atom kohlensaurem Kali, welche man durch Zusammenschmelzen beider Salze, oder im reinen Zustande am besten durch Eindampfung von weinsaurem Kali-Natron (Seignettesalz) erhält. Die Verbindung ist leichter schmelzbar als das kohlensaure Natron für sich, fließt schon bei anfangendem Glühen klar und wird daher häufig zum Aufschließen der Silicate benutzt.

Schwefelsau-  
res Natron.

Das schwefelsaure Natron (Glaubersalz)  $\text{Na}\ddot{\text{S}} + 10 \text{H}$  wittert in warmen Ländern aus dem Erdboden aus, findet sich auch im Meer-

1) Über die Löslichkeit des kohlensauren Natrons bei verschiedenen Temperaturen vgl. die Tabelle von Poggiale im pharm. Centralbl. 1844. S. 824—827 aus Berzelius' Jahresbericht. 24. S. 149—154.

Wasser und in mehreren Mineralwässern, mit schwefelsaurem Kalk verbunden im Glauberit und wird häufig als Nebenprodukt, aber auch eigens zum Zwecke der Sodabereitung gewöhnlich durch Zersetzung von Chlornatrium durch Schwefelsäure gewonnen:  $\text{NaCl} \cdot \text{S} \cdot \text{H} = \text{NaS} \cdot \text{HCl}$ .

Es krystallisirt in farblosen schiefen rhombischen Säulen von kühlend-salzig-bitterlichem Geschmack, ist leicht schmelzbar, in 8 Theilen Wasser von 0° C., in 2 Theilen von + 18° und  $\frac{1}{3}$  von 33° löslich, wird aber von noch wärmerem in geringerer Menge aufgelöst, verwittert leicht unter Verlust von 56% Krystallwasser und schmilzt in seinem Krystallwasser schon bei 37° C., nach dessen Entweichen aber erst bei heftiger Glüh Hitze.

Man braucht es zur Glas- und Sodabereitung, in der Medicin und zur Darstellung des effigsauren und holzeffigsauren Natrons. In der Chemie dient es bisweilen wie das schwefelsaure Kali zur Fällung von Baryt, Strontian, Bleioryd u., wo man, um die Neutralität nicht zu stören, keine freie Schwefelsäure anwenden will.

Das salpetersaure Natron (Südseesalpeter)  $\text{NaN}$  findet sich lagerartig im Thon von Chile und Peru und entstand wahrscheinlich nach dem Austrocknen des Meeres, welches einst unzweifelhaft jenen Boden bedeckte. Die in dem Seewasser lebenden Thiere gingen dadurch zu Grunde und ihr Stickstoffgehalt wurde bei Gegenwart der im Wasser gelösten alkalischen Substanzen, des kohlensauren Natrons, Kalks u. zur Bildung des salpetersauren Salzes verwendet. Salpetersaures Natron.

Man reinigt das natürliche Salz durch Auflösen und wiederholte Krystallisation, es sind farblose stumpfe Rhomboëder ohne Krystallwasser, leichter in Wasser löslich als Kalisalpeter (in 3 Th. von 15,5° und in weniger als 1 Theil kochendem), verpufft jedoch langsamer als dieser und zwar mit pomeranzengelber Flamme. Seine übrigen Eigenschaften stimmen fast ganz mit denen des Kalisalpeters überein, nur wird es an der Luft feucht, kann daher auch nicht zum Schießpulver und anderen explosiven Gemengen, wohl aber zur Darstellung von Scheidewasser benutzt werden.

Das borsaure Natron (Borax)  $\text{NaB}$ , + 10 H dient in der Chemie besonders bei Löthrohrversuchen, da es zu einem durchsichtigen Glase schmilzt, aus dessen Färbung man die Natur der verschiedenen Metalloryde erkennt, wenn man es mit kleinen Mengen derselben zusammenschmilzt. Borax.

Das kiesel-saure Natron hat dieselben Eigenschaften und Anwendungen, wie das kiesel-saure Kali und bildet mit kiesel-saurem Kali, Kalk und Bleioryd die verschiedenen Arten des Glases. Durch Auflösen von so viel Kieselsäure in einer Natronlösung, als dieselbe wasserfreies Natron enthält, erhält man ein krystallisirbares Salz von der Zusammensetzung:  $\text{Na}_2\text{Si}_2 + 27 \text{H}$  in prismatischen Krystallen. <sup>1)</sup> Kieselsaures Natron.

1) Vgl. Frischke, Poggendorff's Ann. 43. S. 135—138; pharm. Centralbl. 1838. S. 251.

Chlornatrium.

Das **Chlornatrium** (Stein-, See-, oder Kochsalz)  $\text{NaCl}$  kommt in großen Massen als ein Glied der Gebirgsformationen vor, dem Flözgebirge angehörend, es verbreitet sich über Vertiefungen und Niederungen zwischen Gebirgen und erfüllt nicht selten Gebirgskessel; man findet es in Flözen und liegenden Stöcken, auch in einen bituminösen Thon eingemengt, Salzthon, mit Gyps, Anhydrit, Thon, Mergelschiefer, Thongyps, Sand- und Kalkstein u., im Meerwasser, in Salzquellen (Soolen), in Pflanzen und im Thierkörper. Man erhält es durch Abdampfen der Salzsoolen, oder des Meerwassers, oder durch Ausgraben des Steinsalzes.

Es krystallisirt in wasserfreien Würfeln, welche gewöhnlich treppentartig über einander gereiht kleine Trichter bilden, ohne Krystallwasser, von rein salzigem Geschmack, die in der Hitze verknistern. Das natürliche Kochsalz (Steinsalz) verknistert nicht, scheint daher nicht aus wässriger Auflösung, sondern aus geschmolzenem Salze krystallisirt zu sein. Bei Wieliczka kommt Steinsalz vor, welches beim Auflösen in Wasser heftig decrepitiert (**Knistersalz**), was wahrscheinlich von eingeschlossenem comprimtem Gas herrührt, welches die beim Auflösen dünner werdenden Wände der Höhlungen mit Knall zersprengt. Beim Glühen schmelzen sie und bei noch höherer Temperatur verflüchtigen sie sich. Das Kochsalz ist im reinen Zustande luftbeständig, bei einem Gehalte an Chlormagnesium und Chlorkalcium wird es indessen an der Luft feucht und zerfließt selbst, indem es sich in der zerfloßenen Auflösung dieser Salze auflöst. Es löst sich sowohl in der Kälte, als in der Wärme in nicht ganz 3 Theilen kalten Wassers.

Außer dem bekannten Gebrauche als Kochsalz dient es zur Glaubersalz-, Soda-, Salzsäure- und Chlorgewinnung, zur Seifen- und Glasbereitung, als Düngemittel, in der Chemie als Reagens auf Silber und Quecksilber.

### Ammonium.

Zeichen  $\text{NH}_4$ . Atomgewicht und Äquivalent 225,000.

Es ist noch nicht für sich dargestellt worden, scheint aber, obgleich es ein zusammengesetzter Körper ist, ein den Alkalimetallen ähnlicher Stoff zu sein, da es, was nur Metalle thun, mit Quecksilber eine metallische Verbindung, ein Amalgam bildet, welches man erhält, wenn man Quecksilber mit Chlorammonium der Einwirkung einer galvanischen Säule aussetzt, oder Chlorammonium mit Kaliumamalgam zusammenbringt, wobei letzteres zu einer voluminösen Metallmasse von butterartiger Consistenz anschwillt, die sich aber bald wieder unter Wasserstoffentwicklung in Ammoniak zerlegt.

Ammoniak.

Das **Ammoniak**  $\text{NH}_3$ <sup>1)</sup> kommt für sich nicht und seine Salze nur selten in der anorganischen Natur, häufiger in den thierischen Excretionen

1) Nach einer andern, aber weniger allgemeinen Ansicht ist es Ammoniumoxyd  $\text{NH}_4$ . Man kann sich nach dieser Ansicht ebenso gut als nach der vorigen alle mit Ammoniak und Ammonium erfolgenden Prozesse erklären, z. B. die Verwandlung von Ammonium in Ammoniak 1) nach der ersten Ansicht:  $\text{NH}_4 =$

(besonders im Harn) vor. Es entsteht aber meist erst bei der Fäulnis oder trocknen Destillation stickstoffhaltiger organischer Körper.<sup>1)</sup> Aber auch durch Verbindung des atmosphärischen Stickstoffs mit dem Wasserstoff entsteht Ammoniak. Wie sich der Wasserstoff mit dem im Platinschwamm verdichteten Sauerstoff verbindet, so bilden auch alle porösen Körper Ammoniak, ohne daß stickstoffhaltige faulende Körper in der Nähe sind, wenn nur Luft und Feuchtigkeit bei einer gewissen Temperatur Zutritt haben. So verbindet sich der bei der Zersetzung der organischen Substanzen entwickelte Wasserstoff in den Poren der Ackerkrume zu Ammoniak mit dem Stickstoff der atmosphärischen Luft. (Vgl. auch Salpetersäure S. 117 und den Artikel Humusbildung.) Man erhält es durch Zusammenbringen eines Ammoniaksalzes, z. B. Chlorammonium, mit einer stärkeren freien Basis, wie Kali, Natron, Kalk:  $\text{NH}_4\text{Cl} \text{ Ca} = \text{NH}_3 \text{ CaCl} \text{ H}$ .

Es ist ein farbloses, unbeständiges Gas von 0,59 specifischem Gewicht und durchdringend stechendem urinösen Geruch und scharfem Geschmack, welches durch 7fachen Atmosphärendruck flüssig wird, Lackmuspapier bläut, und vom Wasser bei 0° C. zu 670 Raumtheilen, oder zu 32½ Gewichtsprocenten verschluckt wird; die Auflösung hat den Geruch und Geschmack des Gases, und ist, weil das Gas hierzu aus Chlorammonium, oder Salmiak entwickelt wird, unter dem Namen Salmiakgeist, oder wegen seines äßenden Geschmacks als Äz ammoniakflüssigkeit bekannt; auch von Alkohol wird es absorbiert.

Man erkennt das freie oder durch Ätkali oder Ätzalk aus seinen Salzen entwickelte Ammoniak an seinem Geruch, an der starken alkalischen Reaction, welche sich durch Bläuung eines Lackmus-, oder Bräunung eines Curcumapapiers ergibt, wenn man dasselbe in einiger Entfernung über die Flüssigkeit bringt, bei kleineren Mengen wenigstens beim Erwärmen; die ursprüngliche Farbe stellt sich jedoch wieder her, sobald das Ammoniak an der Luft vom Papier verdunstet. Wenn man einen mit einer nicht rauchenden flüchtigen Säure, z. B. Essigsäure befeuchteten Glasstab in die Nähe des Gefäßes bringt, worin sich Ammoniak entwickelt, so erscheinen weiße Nebel, indem sich die Dämpfe der Säure damit aus der Luft zu einem festen, oder tropfbarflüssigen Körper zu Ammoniaksalz niederschlagen. Übrigens wird das freie Ammoniak und seine Salze von Platinchlorid wie Kali gelb gefällt. Um sehr kleine Mengen desselben zu ermitteln, gießt man die mit

Erkennung  
des  
Ammoniake.

$\text{NH}_3 \text{ H}$  2)  $\text{NH}_3 \text{ H} = \text{NH}_4 \text{ H}$ . Die Zersetzung von schwefelsaurem Ammoniak durch Kalium 1)  $\text{NH}_4 \text{ S K H} = \text{K S NH}_3$  2)  $\text{NH}_4 \text{ S K} = \text{K S NH}_3$ . Die Zersetzung von Chlorammonium durch Schwefelsäure 1)  $\text{NH}_4 \text{ Cl S H} = \text{NH}_3 \text{ S HCl H}$  2)  $\text{NH}_4 \text{ Cl S H} = \text{NH}_3 \text{ S HCl}$ . Die Zersetzung von Chlorammonium durch Kalk 1)  $\text{NH}_4 \text{ Cl Ca} = \text{NH}_3 \text{ CaCl H}$  2)  $\text{NH}_4 \text{ Cl Ca} = \text{NH}_3 \text{ CaCl}$ .

1) Über Ammoniakbildung bei Einäscherung der Pflanzen vgl. Hünefeld im Journ. f. prakt. Chem. 16. S. 108–111 und daraus pharm. Centralbl. 1839. S. 778. — Über Ammoniakherzeugung durch Benutzung des Stickstoffs der Luft vgl. Dingler's polytech. Journ. 95. 1845. S. 240.

Äkali vermischte warme oder kalte Flüssigkeit auf ein Uhrglas, bedeckt dasselbe mit weißem Filterpapier, in dessen Mitte man einige Tropfen einer Auflösung von schwefelsaurem Kupferoryd oder schwefelsaurem Manganorydul gebracht hat; erstere wird lasurblau, letztere braun.

Anwendung  
des  
Ammoniaks.

Die Ammoniakflüssigkeit ist eines der unentbehrlichsten chemischen Reagentien, man benutzt sie zur Neutralisation freier Säuren, weil ein Überschuß leicht wieder durch Erhitzen zu entfernen ist, zur Fällung mancher Körper, welche sich, wie Thonerde, oder Bleioryd in überschüssigem Kali, oder Natron lösen würden, als Reagens auf Kupfer, womit es auch noch bei großer Verdünnung sehr intensiv dunkelblau gefärbte Verbindungen bildet u., zum Ausbringen von Säureflecken, da es die Säure neutralisirt, während der Überschuß nicht wie Kali oder Natron zurückbleibt und die Farbe verändert, sondern vollständig entweicht. Als Boden- und Luftbestandtheil liefert es den Pflanzen den zu ihrer Entwicklung nöthigen Stickstoff.

Ammoniak-  
salze.

Das Ammoniak bildet mit den Säuren Salze, welche den Salzen der Alkalien in vieler Hinsicht entsprechen und einigen derselben sogar isomorph sind, sich jedoch darin von ihnen unterscheiden, daß sie sich in der Hitze verflüchtigen, oder zersetzen.

Kohlensaures  
Ammoniak.

Das anderthalbkohlensaure Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ),  $\text{C}_2 + 2 \text{H}$  kommt in sehr kleinen Mengen (vgl. S. 113) in der atmosphärischen Luft vor, es entsteht, wenn das bei der Fäulniß stickstoffhaltiger Körper entwickelte Ammoniak mit der Kohlensäure der Luft sich verbindet, in größerer Menge bei der trockenen Destillation thierischer Körper.

Um es von Brandöl zu reinigen, wird es mit Thierkohle gemengt einer wiederholten Destillation unterworfen. Oder man sublimirt ein Gemenge von schwefelsaurem Ammoniak, oder Chlorammonium und kohlensaurem Kalk. Bei gewöhnlicher Temperatur entwickelt eine mit kohlensaurem Kalk versetzte Auflösung von Chlorammonium kein kohlensaures Ammoniak, sondern im Gegentheile wird sogar aus einer Chlorcalciumauflösung durch kohlensaures Ammoniak kohlensaurer Kalk gefällt; beim Kochen einer Auflösung von Chlorammonium mit kohlensaurem Kalk hingegen, oder aus einem trockenen Gemenge von Chlorammonium und kohlensaurem Kalk entweicht, besonders beim Erhitzen, das kohlensaure Ammoniak reichlich unter Zurücklassung von Chlorcalcium. Durch Älkal wird, wie bereits angegeben wurde, das Chlorammonium schon bei gewöhnlicher Temperatur sowohl aus einem trockenen Gemenge, als bei Gegenwart von Wasser zersetzt. Der Grund hiervon ist, weil das Bestreben, sich zu verflüchtigen, beim freien Ammoniak schon bei gewöhnlicher, beim kohlensauren aber, wenigstens bei Gegenwart von Wasser, erst bei höherer Temperatur die Verwandtschaft zum Chlor überwindet, während bei gewöhnlicher Temperatur die Neigung des auflösblichen Chlorcalcium, sich in ein unauflösliches Salz zu verwandeln, der Verwandtschaft der Kohlensäure zum Kalk das Übergewicht verschafft. Im trockenen Gemenge, wo auch das Chlorcalcium im festen Zustande bestehen kann, macht sich die Verwandtschaft der stärkeren

**Basis**, oder des ſtärkeren Radicals zur ſtärkeren Säure, hier zum Chlor und das Streben des Ammoniaks ein flüchtiges Salz, das kohlenſaure zu bilden, geltend.

Das kohlenſaure Ammoniak kryſtalliſirt in farbloſen Rhombenoktaëdern, entwickelt einen ſtarken Ammoniakgeruch, beſiſt einen ſcharfen, ägenden Geſchmack, reagirt alkalisch, und löſt ſich in 2 Theilen Waſſer.

Man benutzt das kohlenſaure Ammoniak wie das Ämmoniak zur Neutraliſation von Säuren, zu Fällungen, zur Salmiatfabrikation. Von beſonderer Wichtigkeit iſt es für die Vegetation.

Das ſalpeterſaure Ammoniak  $\text{NH}_4 \overset{+}{\text{N}} + \overset{-}{\text{H}}$  findet ſich, beſonders nach Gewittern im Regenwaſſer, bildet ein an der Luſt zerfließliches Salz, welches für die Vegetation wichtig iſt, indem es den Pflanzen durch den Regen zugeführt wird. Salpeterſau-  
res Ammoniak

Auch das ſchwefelſaure Ammoniak  $\text{NH}_4 \overset{+}{\text{S}} + \overset{-}{\text{H}}$  entſteht häufig im Boden durch Zerſetzung von kohlenſaurem Ammoniak durch ſchwefelſauren Kalk. Man findet es jedoch im feſten Zuſtande nur in vulka ni ſchen Geſteinen, wo es den Namen Maſcagnin führt, und aufgelöſt in vulka ni ſchen Gewäſſern. Schwefelſau-  
res Ammoniak

Das Chlorammonium (Salmiat)  $\text{NH}_4 \text{Cl}$  findet ſich auf Lava als Beſchlag, in Spalten und Höhlungen vulka ni ſcher Gebilde. Um daſſelbe darzuſtellen, ſättigt man das unreine kohlenſaure Ammoniak mit Schwefelſäure, oder zerſetzt es durch ſchwefelſaures Eiſenorydul, dampft die Auflöſung ab, erhitzt ſie ſtark, um das brenzliche Öl zu entfernen, und erhitzt das Salz in Sublimationsgeſäßen mit Chlornatrium, wobei Chlorammonium ſublimirt und ſchwefelſaures Natron zurückbleibt:  $\text{NH}_4 \overset{+}{\text{S}} \text{NaCl} \overset{-}{\text{H}} = \text{NH}_4 \text{Cl} \text{Na} \overset{+}{\text{S}}$ . Es bildet Oktaëder, oder weiße, ſaſrige, zähe Stücke von ſtechend ſalzigem Geſchmack, ohne Geruch, iſt luſtbefändig, ohne Zerſetzung ſublimirbar, löſt ſich in 3 Theilen kaltem Waſſer, auch in Weingeiſt. Chlorammo-  
nium.

Das Chlorammonium wird zur Farbenbereitung, zum Löthen, Verzinnen, zur Ammoniakgewinnung ꝛc. gebraucht. Auch in der Chemie wird es benutzt, z. B. wie Chlornatrium als Reagens auf Silberſalze, dann wegen ſeiner Neigung, mit Magnesia und Manganorydul leicht lösliche Doppelfalze zu bilden, zur Verhinderung ihrer Fällung, wenn man mit Ammoniak, oder oxalſaurem Ammoniak eine andere Baſis fällt ꝛc.

Das Schwefelwaſſerſtoſſſchwefelammonium <sup>1)</sup>  $\text{NH}_4 \overset{+}{\text{H}}$ , welches man durch Sättigen der Ämmoniakflüſſigkeit bei Luſtabſchluß mit Schwefelwaſſerſtoſſgas erhält, iſt eine nach Schwefelwaſſerſtoſſ und Ammoniak riechende farbloſe Flüſſigkeit, welche durch Luſtberührung bald gelb wird, indem Zweifachſchwefelammonium  $\text{NH}_4 + \overset{+}{\text{H}}$  entſteht. Man braucht es als Reagens auf die Schwermetalle, welche von Schwefelwaſſerſtoſſ für ſich nicht gefällt werden, nämlich Eiſen, Uran, Kobalt, Nickel und Mangan Schwefelwe-  
ſerſtoſſſchwe-  
ſelammonium

1) Gewöhnlich der Kürze wegen nur Schwefelammonium genannt.

und zur Scheidung derselben von jenen, die von Schwefelwasserstoff gefällt werden. Eine fernere Scheidung bewirkt es, indem es einige Schwefelmetalle, wie die von Antimon, Arsenik, Tellur, Molybdän, Wolfram, Zinn u. auflöst, während es die übrigen ungelöst läßt.

### Baryum.

Zeichen Ba. Atomgewicht und Äquivalent 856,880.

Es ist ein weißes in Luft und Wasser sich leicht oxydirendes Metall von 4,000 specifischem Gewicht, welches man nur durch Reduction seines Oxyds, der Baryterde durch die galvanische Säule, oder durch Kalium erhält.

**Baryt.** Die Baryterde (der Baryt) Ba, welchen man erhält durch Zersetzung einer Schwefelbaryumlösung mittelst Kupferoxyd:  $\text{Ba Cu} = \text{Ba Cu}$ , wonach er in sechsseitigen Prismen aus der gesättigten Auflösung krystallisiert, verliert durch Erhitzen das Krystallwasser und schmilzt bei mäßiger Glühhitze, ohne jedoch das Hydratwasser zu verlieren. Man erhält ihn wasserfrei durch heftiges Glühen des salpetersauren Baryts als ein graues Pulver, welches sich beim Besprengen mit Wasser erhitze und in ein weißes Pulver (Hydrat,  $\text{BaH}$ ) verwandelt. Dasselbe reagirt stark alkalisch, wirkt ätzend und giftig. Der wasserfreie Baryt braucht 200 Theile kochendes, der krystallisirte ( $\text{BaH}_{10}$ ) 3 Theile kochendes, 20 Theile Wasser von  $+ 15^\circ \text{C.}$  und 180 Weingeist zur Auflösung. Die Auflösung (Barytwasser) dient als Reagens auf Kohlensäure und Schwefelsäure, indem durch die kleinsten Mengen derselben eine weiße Trübung und Niederschlag entsteht.

Barytsalze  
und  
Zusammensetzung  
des Baryts.

Die Barytsalze sind nur zum Theil in Wasser löslich. Die auflösblichen bilden mit Schwefelsäure einen weißen, in Wasser und verdünnten Säuren vollkommen unlöslichen Niederschlag, ähnlich den Kalk-, Strontian- und Bleioxydsalzen. Von den Kalksalzen unterscheiden sie sich aber dadurch, daß sie auch von Gypswasser gefällt werden, welches die Kalksalze unverändert läßt; von den Strontiansalzen, daß die durch Fällung mit kohlensauren Alkalien, Auflösung in Salzsäure, Eintrocknen und Auflösen in Weingeist erhaltene Flüssigkeit angezündet karmesinroth brennt, wenn es Strontian ist; wenn Kalk, ziegelroth; während Baryt die Flamme kaum merklich bläulichgelb färbt. Die Barytsalze und Kalksalze werden von Cyaneisenkalium gefällt, nicht aber die Strontiansalze. Bleisalze unterscheiden sich dadurch von den Barytsalzen, daß sie durch Schwefelwasserstoffgas schwarz gefällt werden, so wie der Niederschlag von schwefelsaurem Bleioxyd in Alkalilösung und sehr verdünnter warmer Salzsäure löslich ist. Um den unauflöslichen schwefelsauren Baryt zu erkennen, kocht man ihn mit Sodaauflösung und digerirt den warm abfiltrirten Rückstand mit Salzsäure. Ein fest durch Gypswasser entstehender Niederschlag kann Baryt, oder Strontian anzeigen; Baryt aber wird schnell, Strontian erst nach einiger Zeit gefällt; beim Versetzen des Reagens mit Chlornatrium wird jedoch Strontian gar nicht, wohl aber Baryt gefällt; auch Kieselflussäure schlägt Barytsalze nieder, während sie Strontiansalze gelöst läßt.

Die schwefelsaure Baryterde (Schwerspath)  $\text{BaS}$  findet sich natürlich krySTALLförmig, faserig, körnig, dorb und erdig von 4,1 bis 4,6 specifischem Gewicht, einem für ein Salz eines Leichtmetalls bedeutenden specifischen Gewichte, daher der Name Schwerspath. Er ist völlig in Wasser unlöslich und wird zur Darstellung der auflösbaren Salze verarbeitet, indem man ihn durch Glühen mit Kohle in Schwefelbaryum und dieses durch Zersetzung mit den entsprechenden Säuren in die gewünschten Salze verwandelt.

Man stellt als Reagens auf Schwefelsäure gewöhnlich das Chlorbaryum  $\text{BaCl} + 2\text{H}$  dar, welches in Tafeln krySTALLförmig und in 3 Theilen Wasser löslich ist, oder wo man bei Fällung der Schwefelsäure die Salzsäure vermeiden will, den salpetersauren Baryt  $\text{BaN}$ , ein in Octaedern krySTALLförmiges, in 8 Theilen Wasser lösliches Salz.

### Das Strontium.

Zeichen Sr. Atomgewicht und Äquivalent 547,285.

Es ist ein dem Baryum für sich und in seinen Verbindungen sehr ähnliches Metall, welches nur an wenigen Orten vorkommt und nur zur Darstellung rother Flammen für die Feuerwerkserei wichtig ist. Über seine Unterscheidung von Baryum wurde schon bei diesem das Nöthige angedeutet.

### Calcium.

Zeichen Ca. Atomgewicht und Äquivalent 250,000.

Es ist ein weißes, dem Baryum ähnliches Metall. Es ist das metallische Radical des Kalks (calx), daher sein Name.

Die Kalkerde (gebrannter Kalk, Aetalk)  $\text{Ca}$  kommt für sich in der Natur nicht vor, in Verbindung mit Säuren ist sie dagegen einer der am meisten verbreiteten Körper, welcher in keinem der 3 Naturreiche fehlt. Man erhält sie durch Glühen (Brennen) der kohlen-sauren Kalkerde, wodurch diese ihre Kohlensäure verliert. Im Großen verwendet man hierzu Kalksteine; um aber reine Kalkerde zu erhalten, Marmor. Kalksteine, welche viel kiesel-saure Thonerde enthalten, müssen vorsichtig gebrannt werden, weil sich sonst die Kalkerde mit der Thonerde in die Kiesel-säure theilt und zu einer nicht mehr zu löschenden Masse zusammenbackt (todtgebrannter Kalk). Ganz reiner Kalkstein (Marmor) wird nur dadurch todtgebrannt, daß er zu gelinde geglüht ( $\text{Ca}_2\text{O}$ ) wird, in welchem Zustande er sich ebenfalls nicht löschen läßt.

Verbindungen des Calciums.  
Kalkerde.

Die Kalkerde bildet eine weiße, erdige, unschmelzbare Masse, welche in heftiger Glüh-hitze stark leuchtet. Sie erwärmt sich beim Besprengen mit Wasser sehr stark unter Aufblähen und Zerfallen und wird Kalkhydrat  $\text{CaH}$  (mit 24% Wasser, gelöschter Kalk), mit mehr Wasser gibt sie einen allmählig erhärtenden Brei, welcher sich um so schlüpfriger anfühlt, je reiner sie ist, und in diesem Falle fetter, im Gegentheile magerer Kalk heißt. Sie löst sich in 400 Th. kaltem und etwa 3 Mal so viel



heißem Wasser auf. Die Auflösung (Kalkwasser) schmeckt laugenartig, bläut Lackmus und ist nicht zu verwechseln mit Kalkmilch, einem stark mit Wasser verdünnten Kalkbrei, worin noch viel überschüssiger, ungelöster Kalk enthalten ist. Wenn die Kalkerde längere Zeit an der Luft liegt, so zerfällt sie gleichfalls, zieht aber nebst Wasser auch Kohlensäure an und verwandelt sich hierbei in  $\text{CaC} + \text{CaH}$ , ein trockenes, weißes Pulver (zerfallener Kalk), welches sich nicht mehr löschen läßt.

**Kalksalze.** Die Kalksalze sind theils in Wasser unlöslich, theils löslich und zum Theil sogar zerfließlich.

**Zusmittlung  
des Kalks.**

Man erkennt den freien Kalk durch seine alkalische Reaction auf feuchtes Lackmuspapier, durch seine Unschmelzbarkeit und Verbreitung eines weißen Lichts in der Löthrohrflamme, die Auflösung desselben, das Kalkwasser reagirt gleichfalls alkalisch, trübt sich durch die Kohlensäure der durch ein Glasröhrchen aus der Lunge hineingeblasenen Luft, und bildet endlich einen mit Säuren brausenden Niederschlag von kohlensaurem Kalk. Concentrirte Auflösungen der Kalksalze geben mit Schwefelsäure einen flockigen Niederschlag, welcher sich nach längerem Stehen in feine Nadeln verwandelt. Verdünnte Auflösungen geben mit oxalsaurem Ammoniak einen in Wasser, Essigsäure und anderen schwachen Säuren nicht, wohl aber in Mineralsäuren, oder in viel Weinsäure löslichen weißen, pulverigen Niederschlag. Den durch Schwefelsäure erhaltenen Niederschlag unterscheidet man von schwefelsaurem Strontian und Baryt, daß er sich sehr leicht in Chlornatriumlösung auflöst, schwefelsaurer Strontian dagegen nur langsam und schwefelsaurer Baryt gar nicht, und dann durch verdünnte Schwefelsäure nicht, wohl aber Strontian daraus vollständig gefällt wird.

**Hydraulischer  
Kalk.**

Der Apkalk wird in der Chemie als Reagens auf Kohlensäure, zur Mörtelbereitung, Seifensiederei, Gerberei, Zuckersiederei, als Düngemittel u. in großen Mengen gebraucht. Bei einem Gehalt des kohlensauren Kalks von 20—30 Procent Thonerdesilicat (als Mergelkalkstein, besonders Knollenmergel) erhält man durch Brennen desselben den hydraulischen Kalk, oder Wassermörtel, welcher beim Löschen ein dem Wasser vollkommen widerstehendes Kalk-Thonerdesilicat bildet.

**Kohlensaure  
Kalkerde.**

Die kohlensaure Kalkerde  $\text{CaC}$  bildet mächtige Gebirgskzüge und kommt auch im Thierreiche häufig vor, besonders in den Muschel-, Schnecken-, Eier-, Krebschalen u. Im Pflanzenreiche dagegen scheint sie nur sehr selten vorzukommen, denn die in der Asche vorkommende kohlensaure Kalkerde ist aller Wahrscheinlichkeit nach erst durch die Verbrennung aus pflanzensauren Kalksalzen entstanden.

Der kohlensaure Kalk kommt in der Natur theils krystallisirt als Kalkspath und Aragonit vor, theils krystallinisch als Marmor, theils derb als Kalkstein, erdig als Kreide, Schaumkalk u. Die Grundform ist ein Rhomboëder. Er ist unschmelzbar, verliert aber in der Hitze die Kohlensäure. Von reinem Wasser braucht er 16000 Theile zur Auflösung, in kohlensäurehaltigem ist er leicht als doppeltkohlensaurer Kalk ( $\text{CaC}_2$ ) auf-

löslich. In dieser Auflösung verliert er jedoch an der Luft allmählig das zweite Atom Kohlensäure und damit seine Auflöslichkeit wieder und setzt sich daraus krystallinisch oder erdig ab als Tropfstein, als Inkrustation der Quellen, und als Kesselstein in Wasser- und Dampfkesseln. Er löst sich unter Aufbrausen in Salzsäure zu Chlorcalcium:  $\text{Ca}\ddot{\text{C}}\text{H-Cl} = \text{Ca Cl}\ddot{\text{C}}\text{H}$  unter Abscheidung der etwa, wie im Kalkstein vorhandenen kiesel-sauren Thonerde; auch in salpetersaurem Ammoniak und Chlorammonium löst er sich auf, daher letzteres zur Verhütung des Kesselsteins empfohlen wurde. Vgl. kohlensaures Ammoniak S. 239. Auch durch weinsäures Kali, oder Natron soll die Bildung desselben verhindert werden. Es entsteht weinsaurer Kalk, welcher zwar unlöslich ist, aber sich bloß als feinstörniges Pulver ausscheidet, ohne cohärente Inkrustationen an den Wänden der Kessel zu bilden.

Man benutzt den kohlensauren Kalk in der Chemie zur Darstellung der Kohlensäure, zur Trennung des Eisen- und Manganoxyduls von Eisenoxyd, indem letzteres aus einer erwärmten Auflösung davon vollständig gefällt wird, während erstere in Auflösung bleiben, und zur Darstellung reinen Kalks. Er wird sehr häufig zu Bildhauerarbeiten, als Bau-, Pflaster- und Chausséstein verwendet und bildet einen der wichtigsten Bodenbestandtheile.

Anwendung  
des  
kohlensauren  
Kalks.

**Schwefelsaure Kalkerde**  $\text{CaS}$  findet sich natürlich als Anhydrit in geraden, rechtwinkligen Säulen, auch strahlig und körnig, mit 2 Atomen Wasser verbunden,  $\text{CaS} + 2\text{H}$  als Gyps, Alabaſter, Frauen-glas in schiefen rechtwinkligen Säulen, faſtig, erdig und körnig, im Wasser und in geringer Menge auch im Thier- und Pflanzenreich.

Schwefel-  
saure Kalk-  
erde.

Man entzieht dem Gyps durch Erhitzen bis über  $+ 115^{\circ}\text{C}$ . (Brennen) seine 21% Krystallwasser. Wird er hierauf in gepulvertem Zustande mit Wasser zusammengebracht, so nimmt er dasselbe wieder auf und erhärtet damit. In etwa 500 Theilen Wasser, leichter in Kochsalzlösung<sup>1)</sup>, löst er sich auf, ziemlich leicht löslich ist er in der Auflösung von salpetersaurem Ammoniak oder Chlorammonium, in starker Glühzige schmilzt er zum weißen undurchsichtigen Email.

Der Gyps bildet einen nicht sehr verbreiteten, aber für manche Gewächse, wie Leguminosen sehr wirksamen Bodenbestandtheil, wird daher als Düngmittel für Klee benutzt. Der gebrannte Gyps dient als Mörtel, zu Estrich, Stuck, zu Gypsfiguren u., in der Chemie zum Verkitten von Öffnungen an Gefäßen, die Auflösung, das Gypswasser zur Entdeckung der Drallsäure und ihrer alkalischen Salze, zur Unterscheidung der Baryt- und Strontiansalze von den Kalksalzen, zur Scheidung der Magnesia von Kalk, nachdem man beide in neutrale Sulphate verwandelt hat, indem sich die schwefelsaure Magnesia im Gypswasser leicht und vollkommen auflöst.

1) Nach Antſhon in 438 Wasser und in 122 Kochsalzlösung.

Phosphor-  
saure Kalk-  
erde.

Mit Phosphorsäure verbindet sich der Kalk in verschiedenen Verhältnissen. Der neutrale phosphorsaure Kalk  $\text{Ca}_3\text{P}_2 + 4\text{H}$ , welcher in einigen kohlensäurehaltigen Mineralwässern aufgelöst vorkommt, durch Fällung von Chlorcalcium mittelst phosphorsauren Natrons entsteht und ein krystallinisch körniges, in reinem Wasser unlösliches, geschmackloses Pulver bildet, und der zweifach phosphorsaure Kalk  $\text{Ca}_2\text{P}$ , welcher durch Auflösen des neutralen, oder basischen Salzes in irgend einer starken Mineralsäure entsteht, in Blättern krystallisirt, an der Luft zerfließt, sehr sauer schmeckt und zur Darstellung des Phosphors benutzt wird, sind weniger wichtig; wichtiger dagegen das basische Salz.

Die basisch phosphorsaure Kalkerde  $\text{Ca}_2\text{P}$  kommt natürlich vor als Phosphorit, bildet mit etwa 20% kohlensaurer Kalkerde den erdigen Bestandtheil der Knochen der Wirbelthiere (heißt daher auch Knochenerde) und einen Hauptbestandtheil der anorganischen Pflanzenbestandtheile (der Asche); auch in den verschiedenen Flüssigkeiten und übrigen festen Bestandtheilen des Thierkörpers ist er enthalten.

Man erhält die phosphorsaure Kalkerde aus den Knochen durch Calciniren, wodurch alle organischen Theile eingedunstet werden; rein von den übrigen Bestandtheilen der Knochen (Kalk, Fluorcalcium, phosphorsaure und reine Magnesia, kohlensaures Natron) erhält man sie durch Auflösen in Salzsäure und Fällen mit Ammoniak, wo sie rein niederfällt.<sup>1)</sup>

Sie bildet eine grauweiße, pulvrige Masse, frisch gefällt ist sie gallertartig, trocknet zu harten Klumpen ein, ist geruch- und geschmacklos, in Wasser unlöslich, wenig in Essigsäure und Humussäure, leicht in Salz-, Salpeter-, Phosphor- und Milchsäure durch Bildung des leichtlöslichen sauren Salzes, auch in Auflösungen von schwefelsaurem Ammoniak und Chlornatrium. Aus der Auflöslichkeit in kohlensäurehaltigem Wasser läßt sich ihr Übergang aus dem Boden in die Pflanzen erklären.

Der phosphorsaure Kalk ist ein nur ganz wenig betragender, aber für die Vegetation, wie es scheint, sehr wichtiger Bodenbestandtheil, wird daher, besonders für Getreidearten als Düngmittel benutzt (Knochenmehl), ferner zur Darstellung von saurer phosphorhafter Kalkerde, und diese zur Phosphorgewinnung, und zu verschiedenen technischen Zwecken.

Die halbbasisch phosphorsaure Kalkerde  $\text{Ca}_2\text{P}$  kommt natürlich als Apatit vor.

Das Chlorcalcium  $\text{CaCl}$  kommt natürlich im Steinsalz, Sool- und Meerwasser vor. Man erhält es durch Auflösen von kohlensaurem Kalk in Salzsäure, auf Salinen aus der Mutterlauge, indem man die Chlormagnesium und Chlorcalcium enthaltende Flüssigkeit mit kohlensaurem

1) Die phosphorsaure Kalkerde löst sich zwar leicht in salpetersaurer Ammoniak- und in Chlorammoniumlösung, wird aber daraus durch einen großen Überschuß von Ammoniak vollständig, durch geringen nur unvollständig gefällt.

**Kalk** zerlegt, wobei kohlensaure Magnesia niederschlägt und Chlorcalcium gelöst bleibt. Bei der Ammoniakbereitung aus Chlorammonium und Kalk erhält man es als Nebenprodukt.

Es krystallisiert mit 49,12% Wasser in 4- und 6seitigen Säulen, hat einen ekelhaft salzigbitteren Geschmack, zerfließt an der Luft sehr schnell, löst sich in der kleinsten Menge Wasser auf unter starker Kälteentwicklung, ist auch in Weingeist löslich, schmilzt in seinem Krystallwasser, verliert letzteres unter Aufbrausen und schmilzt dann bei höherer Hitze wieder. Nach dem Schmelzen zieht es das Wasser noch begieriger an und löst sich im Wasser vermöge der Bindung von Krystallwasser nun mit Wärmeentwicklung auf. Sowohl das krystallisierte, als geschmolzene Salz müssen in luftdicht verschlossenen Gefäßen aufbewahrt werden.

Man bedient sich des Chlorcalciums, als eines hygroskopischen Körpers, um Gase zu trocknen, oder wasserfrei darzustellen, indem man sie durch damit angefüllte Röhren leitet, zur Bestimmung des bei der organischen Elementaranalyse gebildeten Wassers, zur Entwässerung des Alkohols, das krystallisierte Salz zu Frostmischungen, als Düngemittel, zur Verhinderung des Austrocknens des Holzes, um seine Elasticität für gewisse Zwecke zu erhalten u.

### Magnesium.

Zeichen Mg. Atomgewicht und Äquivalent 158,353.

Es ist ein silberweißes, stark glänzendes, geschmeidiges, in Luft und Wasser unveränderliches Metall, welches bei starker Glühhitze zu Magnesia verbrennt.

Die Bittererde (Magnesia, oder Kalkerde) Mg kommt für Bittererde. sich in der Natur nicht vor, sie entsteht durch Ausglühen der kohlensauren Verbindung, und ist ein weißes, lockeres, geschmack- und geruchloses, völlig unschmelzbares, in Wasser äußerst wenig (in 5150 Th. kaltem und 36000 kochendem Wasser) lösliches Pulver von 2,3 specifischem Gewicht, welches Lackmus sehr schwach bläut, mit Wasser übergossen sich langsam und fast ohne Erwärmung in Hydrat  $MgH$  (= 30% Wasser) verwandelt, welches zuweilen natürlich in kleinen Krystallschuppen auf schmalen Gängen im Serpentin vorkommt und den Namen Hydrophyllit oder Bassertalk führt. Die pulverförmige Magnesia zieht allmählich Kohlensäure aus der Luft an, nicht aber die krystallisierte. Die Bittererde ist eine weit schwächere Basis, als die Kalkerde und steht in dieser Hinsicht etwa dem Ammoniak gleich.

Die Bittererdesalze sind nur zum Theil in Wasser löslich, die Bittererde-  
salze  
und  
auflöslichen schmecken bitter, woher auch der Name der Bittererde, welche für sich geschmacklos ist, und ändern die Lackmusfarbe nicht.

Um die Magnesia zu erkennen, löst man sie in Schwefel-, Salz-, Ausmittelung  
der  
Bittererde.  
oder Salpetersäure auf, wobei sie sich durch Mangel an Aufbrausen von der kohlensauren Verbindung unterscheidet, versetzt die Auflösung mit basisch

phosphorsaurem Ammoniak, oder macht sie mit Ammoniak stark alkalisch und setzt dann phosphorsaures Natron zu, so scheidet sich die Magnesia nach einiger Zeit, besonders beim Erwärmen, als krystallinischer Niederschlag ( $\text{NH}_4\text{H} + 2\text{Mg} + \ddot{\text{P}} + 6\text{H}$ ) ab, welcher in einer phosphorsauren Salze enthaltenden Flüssigkeit vollkommen unlöslich und nur in reinem Wasser etwas löslich ist. Gerade so verhalten sich Manganorydsalze, welche sich übrigens durch die bei denselben angegebenen Reactionen deutlich von den Magnesiumsalzen unterscheiden. Schwermetalloryde müssen daher zuvor aus der Lösung entfernt werden durch Schwefelwasserstoff, oder nöthigenfalls Schwefelwasserstoffammonium, Daryt durch Schwefelsäure, Kalk nach dem Versetzen mit Chlorammonium (welches die gleichzeitige Fällung der Magnesia hindert), mit oxalsaurem Ammoniak oder oxalsaurem Kali.

Die in Wasser unlöslichen Bittererdesalze kocht man mit Kalilauge, filtrirt, löst den Rückstand in Salzsäure und prüft nun wie eben angegeben wurde. Vor dem Löthrohr unterscheidet sich die Magnesia und ihre Salze von der Thonerde, daß sie mit Kobaltauflösung befeuchtet beim Glühen keine blaue, sondern eine fleischrothe Farbe annehmen.<sup>1)</sup>

Anwendung.

Man benutzt die gebrannte Magnesia zur Entdeckung und Abscheidung der Pflanzenalkalien aus ihren natürlichen Verbindungen, weil sie eine stärkere Verwandtschaft zu den Säuren besitzt, und weil die meisten Magnesiumsalze in Alkohol unauflöslich sind, man kann daher die so aus den wässrigen Pflanzenauszügen gefällten Alkaloide mit Alkohol oder Äther für sich erhalten. Die auflöslichen Magnesiumsalze, wie schwefelsaure Magnesia, oder Chlormagnesium benutzt man als Reagens auf Phosphorsäure (vgl. S. 247 Ausmittelung der Magnesia), und zur Unterscheidung und Prüfung der zweifachkohlen sauren Alkalien auf einfachkohlen saure, da sie nur von den letzteren gefällt wird.

Schwefelsaure Bittererde.

Die schwefelsaure Bittererde (Bittersalz)  $\text{MgS} + 7\text{H}$  findet sich im Meerwasser, in den sogenannten Bitterwasserquellen zu Seidschitz, Pilsna in Böhmen und Epsom in England, auch in kleinen Mengen im gewöhnlichen Brunnenwasser und im Flußwasser aufgelöst, hier und da aus der Erdoberfläche ausgewittert, auch in der Pflanzenasche. Man erhält sie durch Abdampfen der Bitterwässer, oder durch Ausziehen magnesiainhaltiger Mineralien mit Schwefelsäure. Das Bittersalz krystallisirt mit 51% Wasser in farblosen vierseitigen Krystallen, besitzt einen bitteren, salzigen Geschmack, verwittert nur wenig, löst sich in 3 Theilen Wasser auf, schmilzt in seinem Krystallwasser beim Erwärmen, es verträgt gelindes Glühen, ohne zerlegt zu werden, aber bei starkem und anhaltendem Glühen entwickelt es schweflige Säure und Sauerstoff und schmilzt bei sehr hoher Temperatur zum Email. Durch Glühen mit Kohle erhält man kein Schwefelmagnesium, sondern freie Magnesia.

Es wird in der Medicin benutzt, ferner zur Darstellung der kohlen-

1) Phosphorsaure Magnesia wird aber dadurch (nach Wittstein) violett.

sauren Magnesia und sonstigen Magnesiaskäse und als Reagens (vgl. oben Anwendung der Magnesia).

**Neutrale kohlensaure Bittererde**  $Mg\ddot{C}$  kommt natürlich meist als eine weiße erdige Masse unter dem Namen Magnesit vor, seltener in Rhomboëdern krystallisiert, noch seltener mit Krystallwasser ( $Mg\ddot{C}H_2$ ), wie man sie künstlich durch langsames Verdampfen einer Auflösung von basisch kohlensaurer Magnesia in kohlensäurehaltigem Wasser erhält. Kohlensaure Bittererde.

Eine Verbindung von Magnesia-Kalkcarbonat  $Ca\ddot{C} + Mg\ddot{C}$  ist der Bitterspath, Dolomit, Miemit, Braunspath.

**Basisch kohlensaure Magnesia** oder kohlensaure Magnesia mit Magnesiahydrat  $3Mg\ddot{C}H + MgH$  erhält man durch Fällen einer heißen Bittersalzlösung durch Pottasche- und Sodaauflösung unter Entweichen eines Atoms Kohlensäure als ein sehr leichtes und lockeres geruch- und geschmackloses Pulver, welches, obgleich specifisch schwerer als Wasser, vermöge seiner großen Zertheilung darauf schwimmt, es löst sich in 2500 Theilen kaltem und 9000 siedendem Wasser, leicht in kohlensäurehaltigem Wasser zu einem sauren Salze auf.

Man gebraucht die basisch kohlensaure Magnesia (Magnesia alba) in der Medicin und zur Darstellung der übrigen Magnesiaskäse.

Die **zweifachkohlensaure Magnesia**  $Mg\ddot{C}_2$  findet sich wie  $Ca\ddot{C}_2$  in Mineralwässern, auch in gewöhnlichem Brunnenwasser gelöst und entsteht durch Auflösung der basisch kohlensaurer Magnesia in kohlensäurehaltigem Wasser.

Die **neutrale kiesel-saure Magnesia**, Speck- oder Seifenstein, spanische oder venetianische Kreide  $MgSi$ , kommt derb, oder in Afterskrystallen vor, von fettem Aussehen und Anfühlen und 2,6—2,8 specifischem Gewicht. Man braucht den Speckstein zur Politur von Marmor, Glas u., zum Zeichnen, Fleckausmachen und in der Chemie zu Propfen für Sublimations- und Chlorentwickelungsgefäße u. Kiesel-saure Magnesia.

Das Hydrat  $MgSi + 6H$  ist der Meerschäum,  $\frac{1}{3}$  kiesel-saure Magnesia mit Magnesiahydrat,  $2Mg_2Si_2 + 3MgH_2$  der Serpentin; der Augit ist  $Ca_2Si_2 + Mg_2Si$ , die Hornblende  $CaSi + Mg_2Si_2$ , in welchen Verbindungen die Talkerde häufig durch Eisenorybul vertreten wird, wodurch sie grün und bisweilen schwarz werden.

Das **Chlormagnesium**  $MgCl$  kommt gelöst vor im Meer-, Sool- und Quellwasser. Man erhält es durch Zersetzung von kohlensaurer Magnesia durch Salzsäure, oder durch Zersetzung von schwefelsaurer durch Kochsalz, wo in der Kälte das schwefelsaure Natron krystallisiert und das Chlormagnesium in Auflösung läßt. Chlormagnesium.

Es krystallisiert nur schwierig als  $MgClH_2$  in farblosen Prismen, weil es sehr leicht zerfließt, schmeckt etelhaft bitter, salzig, zerfällt sich beim Eintrocknen, indem Salzsäure entweicht und Magnesiahydrat mit wenig

Ehlormagnesium zurückbleibt, es löst sich leicht in Wasser und Alkohol, ertheilt dem Meerwasser den ekelhaft bitteren Geschmack und ist der Vegetation nachtheilig, weshalb auch die Bitterlauge der Salinen erst nach Zersetzung des Ehlormagnesiums zur Bereitung von Düngsalz verwendet werden kann. Seine Anwendung ist wie die des Bittersalzes.

### Aluminium.

Zeichen Al. Atomgewicht und Äquivalent 171,167.

Es hat seine Benennung von Alaun- oder Thonerde und diese von Alaun Alumen, woraus man sie darstellt.

Man erhält es in zinnweißen Metallstütern, die sich an der Luft und im Wasser nicht verändern, unschmelzbar sind, aber zum Glühen erhitzt an der Luft zu Thonerde verbrennen.

Thonerde.

Die Thonerde oder Alaunerde  $\text{Al}$  findet sich im Mineralreich selten als Korund (Sapphir, Rubin, Diamantspath, Schmirgel)<sup>1)</sup> in Rhomboëdern krystallisirt, von lebhaftem Glanz, nach dem Diamant von der größten Härte und 4,3 specifischem Gewicht. Künstlich dargestellt ist die Thonerde ein weißes geschmack- und geruchloses Pulver, welches im Ofenfeuer bloß zusammensintert und nur vor dem Sauerstoffgasgebläse schmilzt, in Wasser ganz unlöslich und selbst in starken Säuren erst nach anhaltender Digestion löslich ist. Aus diesen Auflösungen schlägt überschüssiges Ammoniak ein kleisterartiges Hydrat ( $\text{AlH}_3$ ) nieder, welches in den schwächsten Säuren und ägenden Alkalien leicht löslich ist; mit Kohlensäure verbindet sich aber auch dieses nicht, durch Glühen verliert es das Wasser und diese Leichtlöslichkeit wieder. Dieses Hydrat trocknet unter starkem Zusammenschrumpfen zum gummiartigen Körper ein, es kommt auch natürlich als Gibbsite vor, so wie auch noch ein anderes Hydrat, der Diaspor ( $\text{AlH}$ ), beide sehr selten.

Um die Thonerde darzustellen, löst man eisenfreien Alaun ( $\text{K}\bar{\text{S}} + \text{Al}\bar{\text{S}}_3$ ) in heißem Wasser auf und fällt vollständig mit kohlensaurem Natron, Kohlensäure entweicht, schwefelsaures Natron bleibt in Auflösung und Thonerdehydrat mit kohlen-saurer Natron-Thonerde fällt nieder. Man wäscht den Niederschlag mit kochendem Wasser, bis es geschmacklos abläuft, löst dann in reiner Salzsäure auf und fällt nochmals mit Ammoniak im Ueberschuß, wäscht, trocknet und glüht den Niederschlag.

Thonerdesalze.

Die Thonerdesalze besigen einen zusammenziehend sauern Geschmack und reagieren stets sauer; die Thonerde ist nämlich eine so schwache Base, daß sie bei ihrer Verbindung mit Säuren die Eigenschaften derselben auch in neutralen Salzen nicht aufzuheben vermag. Sie spielt mit starken Basen, Kali, Natron, selbst Baryt, Strontian und Magnesia sogar die Rolle

1) Über das Vorkommen der Thonerde in den Pflanzen vgl. die anorganischen Bestandtheile der Pflanzen im speciellen Theil.

einer Säure, ähnlich der Kieselsäure, und bildet damit thonsaure Salze, Aluminate. Solche natürlich vorkommende Verbindungen sind der Spinell, ein Talkerde- und der Gahnit, ein Zinkorydaluminat.

Man erkennt die Thonerde daran, daß sie nach dem Befeuchten mit Kobaltsolution Zusmittlung gegläht, schön smalteblau wird. Aus Auflösungen in Säuren wird sie von Alkalien, aus alkalischen Auflösungen von Säuren gelatinös gefällt, in beiden Fällen aber durch einen Überschuß des Fällungsmittels wieder gelöst. Von Ammoniak wird sie nur in Gegenwart von Ammonialsalzen, oder was dasselbe ist, aus saurer Auflösung vollständig gefällt. Auch von überschüssigem Chlorammonium (Salzmia) wird sie aus alkalischen Lösungen gefällt, indem das Chlor ans Alkalimetall geht und freies Ammoniak entsteht. Der durch kohlensaure Alkalien erhaltene Niederschlag wird nicht durch einen Überschuß dieser, wohl aber durch ägende Alkalien wieder aufgelöst.

Bei sehr kleinen Mengen von Thonerde ist nach Resbitt die Unlöslichkeit der phosphorsauren Thonerde in Essigsäure ein gutes Erkennungsmittel, indem man die Auflösung derselben mit etwas phosphorsaurem Natron nebst etwas essigsaurem Ammoniak und Essigsäure versetzt. Um z. B. die Thonerde in Pflanzenaschen nachzuweisen, fällt man sie nebst dem Eisenoxyd durch Zusatz von phosphorsaurem Natron, essigsaurem Ammoniak und Essigsäure als Phosphate, kocht den Niederschlag mit Äskalilösung, wodurch sich die Thonerde auflöst, und fällt dann wieder mit essigsaurem Ammoniak und Essigsäure.

Nach Wittstein ist die phosphorsaure Thonerde nicht ganz unlöslich in Essigsäure. Er bedient sich daher zu deren Bestimmung folgender Methode: Die zur Bestimmung des Eisens, Mangans und der alkalischen Erden zu verwendende Flüssigkeit wird mit Äkali bedeutend übersättigt und kurze Zeit gekocht, wodurch alle Thonerde und auch fast alle Phosphorsäure ans Kali tritt. Die abfiltrirte Flüssigkeit wird mit einer Auflösung von kieselurem Kali versetzt, mit Wasser verdünnt und zum Sieden erhitzt. Der Niederschlag (Kalithonerdesilicat) wird mit Wasser gewaschen, mit Salzsäure zur Trockne verdunstet, mit durch Salzsäure angesäuertem Wasser digerirt, filtrirt und die Thonerde durch kohlensaures Ammoniak niedergeschlagen. Durch Glühen des Niederschlags erhält man reine Thonerde.

Wollte man die kalinische Auflösung mit Säure übersättigen und die Thonerde durch kohlensaures Ammoniak als Phosphat daraus fällen, so würde man ein unrichtiges Resultat erhalten, weil sich die phosphorsaure Thonerde nachher beim Auswaschen mit Wasser zerlegt.

Knop kocht zur genauen Abscheidung der Thonerde von Eisenoxyd den durch Schwefelammonium erhaltenen Niederschlag beider Stoffe mit Kali und einer hinreichenden Menge Schwefelammonium bis die anfangs grüne Flüssigkeit beim Stehen schwarze Flocken absetzt und gelblich erscheint. Man filtrirt das Schwefeleisen ab und fällt die Thonerde aus der kalischen Lösung wie angegeben.



Die Thonerde bildet einen der wichtigsten Bodenbestandtheile. In der Farbfabrikation und Färberei wird sie zur Darstellung der Lackfarben und zur Fixirung der organischen Farbstoffe in den Zeugen verwendet, da sie mit diesen Farbstoffen in Wasser unlösliche Verbindungen eingeht.

Schwefel-  
saure Thon-  
erde.

Die schwefelsaure Thonerde  $\text{Al}_2\text{S}_3 + 18 \text{H}$  kommt natürlich an mehreren Orten Amerikas vor und wird durch Auflösen von Thonerdehydrat in Schwefelsäure künstlich erhalten. Sie krystallisirt in perlmutterglänzenden, farblosen Blättchen von süßem, zusammenziehendem Geschmack, löst sich in 2 Theilen kaltem Wasser und verbindet sich mit schwefelsauren Alkalien zu krystallisirenden Doppelsalzen, welche man Alaun nennt. Sie wird als Reagens auf Kali benutzt, da sie dasselbe aus seinen Salzen oder nach Sättigung mit Säure als schwerlöslichen krystallinischen Niederschlag von Kalialaun fällt.

Alaun.

**Schwefelsaure Kalithonerde** (Kali- oder gemeiner Alaun)  $\text{K}_2\text{S} + \text{Al}_2\text{S}_3 + 24 \text{H}$  kommt in der Natur gewöhnlich als Efflorescenz von haarförmigen Krystallen vor in Klüften und Spalten von Alaunschiefer, Thonschiefer, Kohlengebilden, auch in krystallinischen, tropfsteinartigen Massen und als erdiger Beschlag. Man erhält ihn durch Auslaugen alaunhaltiger Laven, durch Rösten von Alaunstein, einem Gemenge von kiesel-saurer Thonerde mit etwas Eisenoryd und wasserhaltigem basisch schwefelsaurem Thonerdekali ( $\text{K}_2\text{S} + \text{Al}_2\text{S}_3 + \text{Al}_2$ ) und Auslaugen mit Wasser, durch Rösten und Auslaugen von Alaunschiefer und sogenannter Alaunerde, welche aus kiesel-saurer Thonerde und Schwefeleisen bestehen, wobei der Schwefel sich oxydirt und sich als Schwefelsäure mit der Thonerde verbindet. Dann entsteht durch Zusatz von Chlorkalium oder schwefelsaurem Kali Alaun.

Der Alaun krystallisirt in farblosen Oktaëdern, besitzt einen sauer-süßlichen, zusammenziehenden Geschmack, ist luftbeständig, in 18 Theilen kaltem und  $\frac{3}{4}$  heißem Wasser löslich, färbt Lackmus roth, verliert beim Erhitzen  $45\frac{1}{2}\%$  Wasser und zerfällt sich beim Glühen in Thonerde, schwefelsaures Kali, schweflige Säure und Sauerstoffgas.

Der Natron- und Ammoniakalaun sind dem Kalialaun isomorph.

Der Alaun dient zur Darstellung reiner Thonerde und wird in großer Menge in der Färberei, Farbfabrikation, Weißgerberei u. benutzt.

Kiesel-saure  
Thonerde.

Die kiesel-saure Thonerde ist als Thon ein steter Bestandtheil jedes fruchtbaren Bodens, er ist das Produkt der Verwitterung kiesel-säure- und thonerdehaltiger Mineralien, wie des Feldspaths  $\text{K}_2\text{Si} + \text{Al}_2\text{Si}_2$ , des Albirs ( $\text{Na}_2\text{Si} + \text{Al}_2\text{Si}_2$ ), der Hornblende ( $\text{Ca}_2\text{Si}_2 + \text{Mg} \left\{ \begin{smallmatrix} \text{Si}_2 \\ \text{Fe} \end{smallmatrix} \right\} \text{Al}_x$ , Kalk-Talkerde-silicat mit wechselndem Thonerde- und Eisenorydulgehalt, des Augits ( $\text{Ca}_2\text{Si}_2 \text{Mg} \left\{ \begin{smallmatrix} \text{Si}_2 \\ \text{Fe} \end{smallmatrix} \right\} \text{Al}_x$ ). Der Thon entsteht auch durch Zersetzung des Labradora, Pyroxens und anderer Mineralien, aber nur in unbedeu-

tender Menge, die größte Menge desselben entsteht aus dem Feldspath. Er ist zwar eine bestimmte Verbindung aus Kieselsäure und Thonerde, allein die verschiedenen Verbindungsverhältnisse sind schwierig zu ermitteln. Die meisten Thonarten bestehen aus 47,03 % Kieselsäure, 39,23 % Thonerde und 13,74 Wasser, im geglühten Zustande aus 54,51 % Kieselsäure und 45,49 Thonerde, und enthalten stets kiesel-saures Kali und häufig freie Kieselsäure. Die Thonerdesilicate sind in Wasser unauflöslich und werden von Säuren bei gewöhnlicher Temperatur nicht vollständig, wohl aber durch Erwärmen davon zersetzt. Der Thon ist im reinen Zustande unschmelzbar und sintert im Feuer nur etwas zusammen, worauf das Brennen desselben beruht. Gewöhnlich enthält er aber mehr oder weniger kohlensaurer Kalk und Eisen und schmilzt dann ziemlich leicht. Vollkommen feuerfester Thon ist daher, namentlich für Schmelzgefäße, ein sehr gesuchter Artikel, den man oft aus weiter Ferne beziehen muß. Man kann sich aber denselben nach Gaffard künstlich bereiten, wenn man gewöhnlichen Thon mit Salzsäure zum Teig macht und denselben, nachdem die Säure Zeit gehabt, darauf einzuwirken, zum Sieden erhitzt, nach kurzem Kochen abtropfen läßt, mit Wasser abwäscht und trocknet.

Der Thon wird zur Verfertigung der verschiedenen Arten gebrannter Gefäße, Mauersteine, Ziegel benutzt und bildet einen wichtigen Bodenbestandtheil.

### Schwermetalle.

#### Eisen.

Zeichen Fe. Atomgewicht und Äquivalent 350,000.

Das Eisen ist im gediegenen Zustande nur an einer Stelle in Nord-<sup>Eisen.</sup>amerika und mit Platin im Ural gefunden worden; außerdem kommt es <sup>Vorkommen.</sup> mit Nickel nicht selten in den Meteorsteinen vor. Man stellt es aus den natürlich vorkommenden Dryden dar: aus Magneteisenstein (Dryduloryd  $\text{Fe Fe}$ ), Eisenglanz und Rotheisenstein ( $\text{Fe}$ ), Braun-, Gelb- und Raseneisenstein ( $\text{Fe H}$ ), Spatheisenstein ( $\text{Fe O}$ ) u.

Diese Erze werden geröstet, theils um Wasser und Kohlensäure aus-<sup>Darstellung.</sup>zutreiben, theils um das Drydul in Dryb zu verwandeln, dann gepocht und mit Kohle reducirt. Der Sauerstoff derselben entweicht mit dem Kohlenstoffe der Kohle als Kohlenorydgas, aber auch das Eisen verbindet sich mit Kohlenstoff (5 %) und es wird dadurch leicht flüssig, weißes Roheisen; dasselbe ist silberweiß von krystallinisch-blättrigem Gefüge, so hart, daß es von Stahl nicht angegriffen wird, aber auch so spröde, daß es unter dem Hammer zerspringt, ohne Eindrücke von demselben anzunehmen. Wird es bei starkem Feuer geschmolzen und dann sehr langsam erkalten <sup>Gusseisen.</sup>lassen, so bleiben nur noch  $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$  % Kohlenstoff chemisch gebunden, während die übrigen  $3\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$  % krystallinisch, als sehr feine Graphitblättchen ausgeschieden, demselben nur noch mechanisch beigemengt bleiben, graues Roheisen. Dasselbe ist grau, von körnigem Gefüge, von Stahl angreifbar, nimmt vom Hammer Eindrücke an, ist schwerer schmelzbar als

das weiße, wird aber dabei dünnflüssig, während das weiße immer breiartig bleibt; es ist daher zu Gußwaaren verwendbar und heißt deshalb auch Gußeisen. Um dieses in schmiedbares Eisen zu verwandeln, muß man ihm seinen Kohlenstoff entziehen.

Stab- oder  
Schmied-  
eisen.

Es wird daher unter Luftzutritt umgeschmolzen, gefrischt, wodurch das Eisen theilweise in Drydul verwandelt wird, welchem dann der Kohlenstoff des nicht oxydirten Eisens den Sauerstoff entzieht und sich damit zu Kohlenoxydgas verbindet, das an der Oberfläche der Masse zu Kohlensäure verbrennt. Es wird dann in Stäbe ausgeschmiedet (Stabeisen), enthält aber in diesem Zustande immer noch Kohlenstoff ( $\frac{1}{100}$ — $\frac{1}{200}$  %) und einige andere Beimischungen, hat ein spezifisches Gewicht von durchschnittlich 7,7, ist grauweiß, hat ein körnig zackiges Gefüge und harten Bruch. Enthält es nur noch wenig Kohlenstoff, so ist es weich und nupft sich leicht ab, je mehr Kohlenstoff es dagegen enthält, desto härter ist es und desto fester hält es den Magnetismus zurück.

Stahl.

Man läßt oder gibt daher dem Eisen für manche Zwecke einen gewissen Kohlenstoffgehalt von etwa 1 % und nennt es dann Stahl. Im ersteren Falle frischt man das Roheisen langsamer, als das Stabeisen, indem man es dabei nicht unmittelbar dem Gebläswinde aussetzt, sondern unter einer Decke von Schlacke, einer leicht schmelzbaren Verbindung von Kieselsäure mit Kalk, Thonerde oder einer andern Basis, also Quarz mit Kalkstein, Thonmergel u. (Schmelzstahl, Rohestahl), oder man verbindet das Stabeisen wieder mit Kohlenstoff, indem man es mehrere Tage zwischen Kohlenpulver unter Luftabschluß glüht oder cémentirt (Cémentstahl). Die zunächst mit der Kohle in Berührung stehende Oberfläche des Eisens verbindet sich zuerst mit Kohlenstoff, diese trägt denselben auf die nächstinnere über, indem sie wieder neuen von Außen empfängt und so fort, gleichsam durch inductive Verwandtschaft (vgl. S. 16). Andere nehmen eine Verflüchtigung des Kohlenstoffs an und glauben, daß die Carbonisation durch den in der Kohle enthaltenen Kohlenwasserstoff beginne und durch Verdampfung von Kohlenstoff endige<sup>1)</sup>. Längeres Glühen mit Kohle wandelt ihn in Roheisen um. Der Stahl hat eine graulichweiße Farbe, ein sehr feinkörniges Gefüge und ein spezifisches Gewicht von 7,7—7,9. Diese größere Dichtigkeit macht ihn einer schönen Politur fähig. Bei langsamem Erkalten nach dem Glühen ist er etwas härter als Stabeisen, läßt sich daher nicht so leicht wie dieses in andere Formen bringen, ist aber dabei so zäh, daß er elastisch biegsam erscheint. Durch schnelles Abkühlen (Härten) wird er nachher von der besten Feile nicht mehr angegriffen und schneidet Glas. Diese Härte und die damit verbundene Sprödigkeit kann ihm jedoch durch Ausglühen (Anlassen) ganz oder theilweise wieder genommen werden. Rothglühend ist er schmiedbar, wie Stabeisen, weißglühend läßt er sich selbst mit demselben zusammenschweißen und schmilzt

1) Vgl. Laurent, Compt. rend. 1837. 2<sup>me</sup> Sem. Nr. 18; pharm. Centralbl. 1838. S. 47.

bei fortgesetztem Erhitzen noch leichter als dieses. Man kann dem Stahl je nach dem Zwecke seiner Anwendung eine beliebige Härte geben, je nachdem man ihn mehr oder weniger stark erhitzt und dann in Wasser ablöscht. Da sich die Oberfläche desselben je nach der Stärke des Erhitzens mit einer schwächeren oder dickeren Schichte von Drybuloryd bedeckt, wodurch dieselbe eine hell- bis dunkelgelbe, braune, rothe und endlich hell- bis dunkelblaue Farbe annimmt, so richtet man sich mit dem Erhitzen beim Anlassen nach dieser Farbe und erhält z. B. durch Erhitzen bis zum Strohgelben die nöthige Härte für feine Rasirmesser und chirurgische Instrumente, goldgelb für gewöhnliche Rasirmesser, Federmesser u., braun für Scheren, Eisenmeißel, roth für Taschenmesser, stärkere Meißel, hellblau für Rlingen und Federn, dunkelblau für feine Sägen, Bohrer u.

Von Kohlenstoff ganz freies Eisen erhält man durch Schmelzen von Reines Eisen. 4 Theilen Feilspänen von Stabeisen mit 1 Theil Eisenorydul oder Hammerschlag unter einer Decke von bleifreiem Glaspulver. Absolut rein bekommt man es aber nur durch Reduction von reinem Eisenoryd mittelst Wasserstoff, wo es aber nur ein schwach zusammengesintertes schwarzes Pulver bildet, welches sich an der Luft sogleich wieder oxydirt.

Im compacten Zustande ist es zinnweiß, von starkem Glanz, äußerst dehnbar, von muschlig-krySTALLINISCHEM Bruch und 7,84 specifischem Gewicht, äußerst strengflüssig, feuerbeständig, in trockener Luft oxydirt sich dieses wie auch das unreine Eisen nicht, leicht aber in feuchter; unter Wasserzersetzung und Ammoniakbildung bedeckt es sich mit einem rothgelben Überzug von Eisenorydhydrat (rostet), indem sich der Wasserstoff des Wassers mit dem Stickstoff der Luft zu Ammoniak, der Sauerstoff desselben aber mit Eisen und dieses sich mit Kohlensäure und Wasser zu kohlen-saurem Eisenorydhydrat verbindet, welches sehr bald unter Abscheidung der Kohlensäure in Drydhydrat übergeht. Um es daher vor der Feuchtigkeit der Luft und vor Rost zu schützen, bestreicht man es mit Fett, Firnis, legt es in Kalkpulver oder in Fließpapier, welches durch seine wasseranziehende Kraft die Feuchtigkeit der Luft vom Eisen abhält, oder in unächtes Silberpapier (mit einer Legirung von Zinn und Zink überzogenes Papier), welches durch seinen elektrischen Gegensatz die Verwandtschaft des Eisens zum Sauerstoff schwächt, während ächtes Silberpapier das Rosten begünstigen würde, oder bestreicht es mit Kaltwasser<sup>1)</sup>. Beim Erhitzen oxydirt es sich auch in trockener Luft, läuft zuletzt in verschiedenen Farben an und bedeckt sich zuletzt mit einer schwarzen Kruste von Drybulorydul (Hammerschlag). Im Wasser oxydirt sich das Eisen nur, wenn dieses Kohlensäure enthält. In verdünnten Säuren löst es sich unter Entwicklung von Wasserstoffgas. (Vgl. auch unter „Firnisse“.)

Um Stahl-, Stab- und Gußeisen von einander zu unterscheiden, verbünnt man etwas künftliche Salpetersäure so stark mit Wasser, daß sie nur

Erkennung  
des Stahls,  
Guß- und  
Stabeisens.

1) Vgl. auch Hopff und Herberger, *Zeichn. f. prakt. Pharm.* 1838. S. 283—286; *pharm. Centralbl.* 1839. S. 543—547.

noch schwach auf eine Messerklinge wirkt, bringt davon einen Tropfen auf das zu prüfende Eisen und wäscht denselben nach einigen Minuten wieder mit Wasser ab. Die Säure hinterläßt hierbei auf Stahl einen kohlschwarzen Fleck von pulverförmigem Kohlenstoff, welcher nach Auflösung des Eisens durch Säure auf der Oberfläche desselben zurückbleibt. Auf gewöhnlichem Stabeisen ist der Fleck weißlich oder wenigstens heller, als die übrige Oberfläche des Eisens durch Verschwinden des Glanzes und Hervortreten des krystallinischen Gefüges; bei Gußeisen ist der Fleck grau, weil hier mehr Kohlenstoff in grauen Graphitblättchen, als schwarz, pulverförmig ausgeschieden wird.

Das chemisch reine Eisen findet keine praktische Anwendung, die des Gußeisens, Stab- oder Schmiedeisens und Stahls ist hinlänglich bekannt.

Verbindun-  
gen des Ei-  
sens.

Die wichtigsten Verbindungen des Eisens mit Sauerstoff sind das Drydul und das Dryd.

Eisenoxydul.

Das Eisenoxydul (Eisenprotoxyd)  $\text{Fe}$  kommt für sich in der Natur nicht vor, wohl aber mit verschiedenen Säuren, mit Eisenoxyd und Chromoxyd (im Chromeisenstein). Man erhält es, wenn man Wasserdämpfe über glühendes Eisen leitet, als Hydrat durch Fällung von Eisenoxydulsalzen in von atmosphärischer Luft völlig freiem Wasser mittelst Aetkali, Ausfüßen und Trocknen im sauerstoffleeren Raum, weil es im feuchten Zustande sich sehr leicht höher oxydirt.

Es ist ein geruch- und geschmackloses schwarzes Pulver, schmilzt bei starker Hitze zur porösen, glanzlosen Schlacke, ist magnetisch, löst sich nach dem Glühen in Säuren schwer auf. Das Hydrat  $\text{FeH}$  ist ein weißes Pulver, welches aber mit Luft oder mit lufthaltigem Wasser in Berührung schnell grau, grün (Dryduloxydhydrat), schwarzblau und endlich gelbbraun (Drydhydrat) wird.

Eisenoxydul-  
salze.

Die Eisenoxydulsalze sind im wasserfreien Zustande weiß, im wasserhaltenden grün gefärbt, schmecken zusammenziehend, tintenartig und werden an der Luft, besonders im aufgelösten Zustande, rasch oxydirt, die Auflösung wird gelb, während sich ein sehr basisches Drydsalz niederschlägt.

Ausmittlung  
des  
Eisenoxyduls.

Das Eisenoxydul wird aus seinen Salzen in völlig oxydfreiem Zustande von freien und kohlen sauren Alkalien weiß, bald graugrün, dann gelblichbraun werdend niedergeschlagen, von Galläpfelinctur (Lösung von Gallussäure mit Gerbsäure) dagegen nicht gefällt; bald aber, so wie sich etwas Dryd bei Luftzutritt bildet, entsteht ein purpurfarbiger, dann violetter und endlich schwarzblauer Niederschlag, doch darf die Flüssigkeit nicht merklich sauer reagiren. Oxalsäure fällt die Eisenoxydulsalze (wie die Kalisalze) vollständig aus ihren Lösungen, als goldgelbes Pulver. Die oxalsauren Alkalien fällen die neutralen Eisenoxydulsalze sogleich, die sauren (ebenso die freie Oxalsäure) erst nach einigen Minuten, während die Drydsalze, wenigstens bei Säureüberschuß, vollständig gelöst bleiben. Kaliumeisencyanür fällt die Auflösungen weiß, dieselben dürfen aber nicht alkalisch reagiren, der weiße Niederschlag wird sehr schnell hell- und endlich dunkelblau. (Den diese Reaction

bewirkenden Prozeß s. unter Kaliumeisencyanür). Kaliumeisencyanid fällt sie gleich dunkelblau. Von Schwefelwasserstoffgas werden sie nicht gefällt, Schwefelalkalien oder Schwefelwasserstoffschwefelammonium gibt einen schwarzen Niederschlag von Schwefeleisen. Das Eisenorydul und seine Salze liefern vor dem Löthrohr auf der Kohle, besonders in der inneren Flamme, ein schwarzes magnetisches Korn. Mit Borax geben sie in der inneren Flamme, besonders auf Zusatz von Zinn (um Eisenorydbildung zu verhüten) ein grünes, beim Erkalten farbloses, in der äußeren (Drydations-) Flamme ein dunkelrothes Glas. Mit Soda auf Kohle geschmolzen wird das Eisen leicht reducirt und kann durch Schlemmen als magnetisches Pulver absondert werden.

**Kohlensaures Eisenorydul**  $\text{Fe}\ddot{\text{C}}$  kommt natürlich vor mit wechselnden Mengen von kohlensaurem Manganorydul, Kalk und Magnesia und als thoniger Sphärosiderit, ein inniges Gemenge von Spatheisenstein mit thonigen Fossilien und andern Eisenverbindungen und häufig, aber nur in sehr kleinen Mengen, in kohlensäurehaltigem Wasser, wie in dem von Franzensbrunn, Tepliz, Karlsbad, Schwalbach, Ems, Wiesbaden u. als doppeltkohlensaures Eisenorydul gelöst. Man erhält es durch Fällen von Drydul oder ihnen entsprechenden Haloidsalzen durch kohlensaure Alkalien unter denselben Vorsichtsmaßregeln, wie beim freien Drydul, weil es ebenso leicht wie dieses unter Verlust seiner Kohlensäure an der Luft in Dryd übergeht.

Kohlensaures  
Eisenorydul.

Das kohlensaure Eisenorydul ist ein weißes Pulver wie das freie Drydul und wird ebenso schnell grünlich, schwarz und endlich braun. Es scheint der Vegetation ungünstig zu sein, da es wegen seiner nicht unbedeutenden Auflöslichkeit in kohlensäurehaltigem Wasser von den Wurzeln leicht in zu großer Menge aufgesaugt wird.

**Schwefelsaures Eisenorydul** (Eisen- oder grüner Vitriol)  $\text{Fe}\ddot{\text{S}} + \text{H}_2\text{O}$  kommt als neueres Erzeugniß vor, entstanden durch Drydation von Schwefelkies (Schwefeleisen). Man erhält es künstlich durch Auflösen von Eisen in verdünnter Schwefelsäure, oder durch Rösten von Schwefelkies ( $\text{FeS}_2$ ), wodurch ein Theil seines Schwefels ausgetrieben wird. Der Rückstand ( $6 \text{ FeS} + \text{FeS}_2$ ) wird, mit Wasser besprengt, der Luft ausgesetzt und verwandelt sich durch Sauerstoffaufnahme in schwefelsaures Eisenorydul, welches dann ausgelaugt und abgedampft wird.

Schwefelsau-  
res Eisen-  
orydul.

Es krystallisirt in blaßgrünen schiefen rhombischen Säulen von zusammenziehendem Geschmack, löst sich in  $1\frac{1}{2}$  Theilen kaltem und  $\frac{1}{3}$  kochendem Wasser, verliert beim Erhitzen 42% Krystallwasser und wird weiß, bei starkem Glühen unter Luftabschluß in Eisenoryd, schweflige Säure und Schwefelsäure zerfällt. An der Luft überzieht es sich mit einer braungelben Rinde und setzt aus seiner Auflösung ein ebenso gefärbtes Pulver ab, welches  $\frac{1}{6}$  schwefelsaures Eisenoryd ist, während saures Salz in Auflösung bleibt:  $10 \text{ Fe}\ddot{\text{S}} + 5 \text{ O} = 3 \text{ Fe}\ddot{\text{S}}_3 + \text{Fe}_2\ddot{\text{S}}_3$ .

Das schwefelsaure Eisenorydul dient als Reagens auf Goldsalze, Blausäure und lösliche Cyanverbindungen, auf Stickstofforyd, Salpetersäure u.;

wird ferner gebraucht in der Färberei und zur Darstellung der rauchenden Schwefelsäure.

Phosphor-  
saurer Eisen-  
oxydul.

Das neutrale phosphorsaure Eisenoxydul  $\text{Fe}_2\text{P}$  erhält man, wenn man schwefelsaures Eisenoxydul mit einem phosphorsauren Salze fällt. Der Niederschlag ist weiß, wird aber an der Luft bald lavendelblau, weil sich das Eisenoxydul höher oxydirt, es entsteht ein Doppelsalz von phosphorsaurem Oxydul mit Oxyd:  $\text{Fe}_2\text{P} + 2\text{FeP}$ . Es kommt auch natürlich vor; war es beim Auffinden weiß, so nimmt es bald eine blaue Farbe an, gewöhnlich findet man es aber blau und pulverförmig. Auch halbbasisches  $\text{Fe}_3\text{P}$  kommt natürlich vor, in blauen prismatischen Krystallen als Vivianit.

Kieselsaurer  
Eisenoxydul.

Kieselsaures Eisenoxydul kommt in sehr vielen Mineralien, aber meist mit andern Silicaten vor, so  $\frac{1}{3}$  basisches Salz  $\text{Fe}_2\text{Si}$  im Vivianit, Pistazit, in Granaten u., in den Schlacken vom Eisenschmelzen;  $\frac{1}{3}$  kieselsaures Salz  $\text{Fe}_2\text{Si}$  im Diabase, Hypersthen, in der Labradorischen Hornblende u. Auch der Rasen- und Thoneisenstein, Sphärosiderit und Basalt enthalten Eisenoxydulsilicat. Es bildet eine eisen schwarze oder grüne glasige Masse, kommt auch krystallisirt vor und ist für sich leicht schmelzbar.

Eisenoxyd.

Eisenoxyd (Eisenperoxyd, Eisentritoxyd<sup>1)</sup>)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  kommt natürlich vor als Eisenglanz, Rotheisenstein, Blutstein, rother Glaskopf. Man erhält es künstlich durch Zusammenschmelzen von schwefelsaurem Eisenoxydul mit Salpeter und Auslaugen des Kali, durch Calcination von Oxydhydrat, Oxydul und Oxyduloxyd, als Nebenprodukt bei der Darstellung der rauchenden Schwefelsäure und bei vielen andern chemischen Processen.

Es besitzt eine braunrothe Farbe, je nach seinem Aggregatzustand heller bis schwarz, selbst von grauem Metallglanz, wie der Eisenglanz; künstlich erhält man es als pulverige Masse, durch Calciniren von schwefelsaurem Eisenoxydul mit Chlornatrium (wo zuerst Eisenchlorid entsteht), in kleinen Rhomboëdern, wie auch das natürliche krystallisirt; letzteres kommt aber meist faserig und dicht vor, es ist so hart, daß es am Stahl Funken gibt, nicht magnetisch, unschmelzbar, feuerbeständig, löst sich nicht in Wasser, in verdünnten Säuren nach dem Glühen nur schwer, doch leichter als Oxydul, hat übrigens eine bedeutend geringere Verwandtschaft zu den Säuren, als dieses.

Man benutzt das Eisenoxyd als Farbmateriel, Polirpulver u., es bildet einen sehr verbreiteten Bodenbestandtheil.

Eisenoxyd-  
hydrat.

Es kommen in der Natur verschiedene Hydrate des Eisenoxyds vor, wie Brauneisenstein  $\text{Fe}_2\text{H}_2$ , krystallisirtes Brauneisenerz oder Rubin-  
glimmer  $\text{Fe}_2\text{H}_2$ , Ocker, gelber und brauner Thoneisenstein, auch der Raseneisenstein enthält Eisenoxydhydrat. Durch Fällung von Eisenoxyd-

1) Eisentritoxyd, insofern man sich das Oxyduloxyd als Deutoxyd denkt.

salzen mit Ammoniak oder kohlensaurem Natron entsteht, in letzterem Falle unter Entweichen der Kohlensäure  $\text{FeH}_2$ . Der Niederschlag ist sehr aufgequollen, hell bräunlichgelb und trocknet zur dunkelbraunen Masse ein, welche 18,7% Wasser enthält. Die Farbe zeigt übrigens, wie die des reinen Dryds, eine verschiedene Schattirung vom Goldgelben bis Pechschwarz, das natürliche kommt vor in Würfeln krystallisirt, faserig und dicht. In den eisenhaltigen Mineralwässern verwandelt sich das aufgelöste kohlensaure Drydul an der Luft in Dryd und setzt sich als Däer ab. Der Rost, welcher in feuchter Luft die Eisenoberfläche bedeckt, ist gleichfalls Eisenorydhydrat (vgl. S. 255) mit kohlensaurem Eisenorydul, welches aber allmählig an der Luft gleichfalls in Dryd übergeht. Der Rost, wie alles natürliche und künstliche Eisenoryd, enthält auch etwas Ammoniak.

Man benutzt das Eisenorydhydrat als Farbmateriel (gelber Däer), und es bildet einen selten fehlenden Bodenbestandtheil.

Die Salze des Eisenoryds sind meist röthlichgelb oder braunroth, wenige schmutzigweiß, besigen einen herben, zusammenziehenden Geschmack, reagiren auch im neutralen Zustande sauer und werden durch Glühen zersetzt. Durch Kochen mit Wasser werden sie in saure auflösliche und basische unauflösliche Salze zersetzt. Gegen starke Basen verhält sich das Eisenoryd wie eine Säure, so daß es, mit kohlensaurem Kali oder Natron geglüht, die Kohlensäure austreibt; die entstandene Verbindung wird in dessen im Wasser wieder zersetzt, Eisenoryd ausgeschieden.

Die Eisenorydsalze oder die Auflösung des Dryds in einer Säure werden von freien oder kohlensauren Alkalien gelblichbraun, von Galläpfeltinctur bei wenig oder nicht vorwaltender Säure blauschwarz, nicht aber, wie die Drydulsalze von Drallsäure gefällt, durch Kaliumeisencyanür dunkelblau; letzterer Niederschlag ist in Säuren nicht, in Kali dagegen theilweise löslich. Kaliumeisencyanid fällt die Flüssigkeit nicht, färbt sie aber tief braunroth. (Vgl. Kaliumeisencyanür und -Cyanid.) Durch Schwefelwasserstoffgas werden die Auflösungen der Eisenorydsalze entfärbt unter Abscheidung eines gelblichweißen Pulvers (Schwefel), indem dieselben unter theilweiser Abgabe ihres Sauerstoffs an den Wasserstoff des Schwefelwasserstoffs in Drydul übergehen:  $\text{FeHS} = 2 \text{FeH}_2\text{S}$ . Schwefelalkalien und Schwefelwasserstoffammonium geben einen schwarzen Niederschlag von Schwefeleisen. Vor dem Löthrohr verhalten sie sich wie das Drydul und seine Salze.

Eisenoryd-  
salze.  
Ausmittlung  
des  
Eisenoryds.

Das phosphorsaure Eisenoryd  $\text{Fe}_2\text{P}_2$ , welches durch Fällung von Eisenorydsalzen durch phosphorsaure Salze entsteht, kommt bisweilen natürlich in Eisenerzen vor.

Das kiesel-saure Eisenoryd kommt für sich nicht vor, bildet aber einen Bestandtheil vieler Mineralien, so enthält  $\frac{1}{3}$  basisches  $\text{Fe}_2\text{Si}$  der Fahlunit,  $\frac{1}{6}$  kiesel-saures Salz  $\text{Fe}_2\text{Si}$  der Gehlenit. Es bildet für sich ein braunrothes Glas.



Das **Eisenoryduloryd** oder (als eigene einfache Drydationsstufe betrachtet) Eisendeutoryd  $\text{Fe}^{\text{Fe}}$  ist nicht, wie man bisweilen gethan hat, als besondere Drydationsstufe des Eisens, sondern als eine Verbindung von zwei Drydationsstufen zu betrachten, denn es gibt Verbindungen, worin das Eisenoryd durch Thonerde oder Chromoryd, ebenso das Eisenorydul durch Zinkoryd, Magnesia oder Manganorydul vertreten ist, während diese Verbindungen isomorph mit dem Eisenoryduloryd sind. Es ist demnach als ein Salz zu betrachten, dessen Basis das Drydul, die Säure aber das Eisenoryd ist.

Es bildet als Magneteisenstein das vorzüglichste Eisenerz Scandinaviens. Man erhält es als Nebenprodukt beim Glühen des Eisens im Kohlenfeuer (während bei Flammfeuer gewöhnlich Dryd entsteht) als Eisenhammerschlag, Eisensinter, Schmiedesinter, Glühspan. Der Magneteisenstein oder Magnetstein kommt in regelmäßigen Oktaëdern und Rhombendodoktaëdern krystallisirt vor, oder krystallinisch, herb, auch erdig. Der krystallisirte zeigt starken Metallglanz, der dichte ist wenig glänzend, eisen-schwarz, grau, bräunlich. Auch das durch Glühen erhaltene Eisenorydulorydul ist eisen-schwarz, schwachmetallglänzend, schuppig, bei stärkerer Hitze zur emailartigen porösen Schlacke zusammenge-sintert, bei Gegenwart von Kieselsäure eine schwarze verglaste Masse von Silicat. Das Eisenorydulorydul wird vom Magnet gezogen.

Man benutzt das Eisenorydulorydul als Zusatz bei der Eisenbereitung und zu Ritten.

Als Hydrat  $\text{Fe}^{\text{Fe}} + \text{H}$  erhält man das Eisenoryduloryd durch Fällung von mit Eisenorydsalzen gemengten Eisenorydulsalzen als dunkel-grünes Pulver, welches an der Luft schnell in Dryd übergeht.

Eisenorydulorydulsalze gibt es nicht und kommen in einer Verbindung beide Basen vor, so hat man sie als Doppelsalze anzusehen.

Die Erkennung des Eisenoryduloryduls ergibt sich aus seinen physikalischen Eigenschaften, während seine chemischen zwischen denen des Dryds und Dryduls stehen.

Eisenchlorid.

Das **Eisenchlorid**  $\text{FeCl}_3 + 12 \text{H}$ , welches man erhält durch Auflösen von Eisenoryd in Salzsäure, oder von Eisen in Königswasser, krystallisirt nur schwierig in braunrothen, sehr zerfließlichen Krystallen, welche in Aether und in Weingeist löslich sind.

Es wird sehr häufig als Reagens gebraucht auf Gallus- und Gerbsäure, Cyan und Blausäure, Morphium, zur Fällung der Bernsteinsäure und Benzoesäure. Es findet außerdem Anwendung in der Färberei und zum Brüniren des Eisens; es bildet sich darauf eine dünne braune Haut von überbasischem Eisenchlorid, welche das Eisen vor Rost schützt.

Cyanverbindungen des Eisens.

Mit dem Cyan geht das Eisen zwei Verbindungen ein und bildet damit Cyanür  $\text{FeCy}$  und Cyanid  $\text{FeCy}_3$ . Beide sind weniger für sich, als in ihren Verbindungen bekannt. Das erstere, ein weißes, an der Luft schnell blau ( $3 \text{FeCy} + 2 \text{FeCy}_3$ ) werdendes Pulver verhält sich wie

eine Säure gegen andere Cyanmetalle und bildet damit viele bekannte Verbindungen, welche man aus dem Kaliumeiseneyanür erhält, daher auch von diesem zuerst die Rede sein muß. Das Eisencyanid ist nur als Auflösung oder als Doppelsalz bekannt.

Das **Kaliumeiseneyanür** (Blutlaugensalz)  $2 K Cy + Fe Cy$  Kaliumeiseneyanür.  
 $+ 3 H$  bereitet man im Großen durch Glühen stickstoffhaltiger Substanzen (Blut, Hornspäne, altes Leder, Borsten, Luchabfälle etc.) oder thierischer Kohle mit 2–3 Theilen kohlensaurem Kali in eisernen Kesseln, Auslaugen mit heißem Wasser und Abdampfen. Durch den Stickstoff der Thierstoffe wird das durch den Kohlenstoff reducirte Kalium disponirt, sich mit einem anderen Theile Kohlenstoff zu Cyan und dieses, sich mit dem Kalium zu verbinden. Ebenso vereinigt sich ein Theil von dem Eisen des Kessels zu Eisencyanür, welches wieder mit dem Cyantanium zu Cyantaniumeiseneyanür (gewöhnlich nur Kaliumeiseneyanür genannt) verbindet. Den Namen Blutlaugensalz erhielt es, weil man es durch Auslaugen der so verkohlten Thierstoffe (Blut etc.) erhält.

Es krystallisirt in citronengelben quadratischen Säulen oder Tafeln, das Pulver ist weiß, besitzt einen süßlichbitterlichen Geschmack, ist in 8 Theilen kaltem Wasser, nicht aber in Alkohol löslich, verliert bei gelindem Erhitzen 13% Krystallwasser und wird in der Glühbige in Cyantanium, Kohlenstoffeisen und Stickstoff zersezt, durch Glühen mit kohlensaurem Kali entsteht Cyantanium, Eisenorydul und Kohlenensäure.

Das Kaliumeiseneyanür ist eines der wichtigsten Reagentien und zwar Anwendung desselben.  
auf Eisen- und Kupfersalze, in deren Auflösungen es gefärbte Niederschläge bildet, während es die meisten übrigen Metallsalze bloß als weiße, oder doch nur schwach gefärbte Verbindungen fällt. Setzt man nämlich die Auflösung desselben zu einer Flüssigkeit, welche die geringste Menge eines Eisenoryd- oder ihm entsprechenden Haloidsalzes enthält, so entsteht sogleich, oder bei sehr kleinen Mengen nach einiger Zeit ein schön dunkelblau gefärbter Niederschlag, indem sich der Sauerstoff und die Säure, oder das Haloid des Eisens mit dem Kalium zu einem neutralen Salze vereinigen, während dessen Cyan mit dem Eisen Cyanid bildet, welches sich mit dem Cyanür des Kaliumeiseneyanürs zu Eisencyanürcyanid (Berlinerblau)  $3 Fe Cy + 2 Fe Cy$ , und dieses wieder mit einem Theil unzersehtem Kaliumeiseneyanür verbindet. So z. B. beim schwefelsauren Eisenoryd:  $2 Fe S_2 + 4 (2 K Cy + Fe Cy) = 6 K S_2 (3 Fe Cy + 2 Fe Cy_2) + (2 K Cy + Fe Cy)$ .

Kommt das Cyaneisentalium mit einem Eisenorydul- oder einem ihm entsprechenden Haloidsalze zusammen, so entsteht, wenn dieses rein ist, ein weißer Niederschlag, enthält es aber nur etwas Drydsalz, Chlorid etc., so wird der Niederschlag hellblau, ebenso auch durch Einwirkung der Luft, indem durch Bildung von Dryd der Verbindung ein Theil Eisen entzogen wird, so daß sie allmählig auch ganz in Cyanürcyanid übergeht, z. B. beim

schwefelsauren Eisenorydul ist:  $6 \text{ FeS} \cdot 3 (2 \text{ KCy} + \text{FeCy}) = 9 \text{ FeCy} + 6 \text{ K}\ddot{\text{S}}$  und  $9 \text{ FeCy} + 6 \text{ O} = 3 \text{ FeCy} + 2 \text{ FeCy}_2 + 2 \text{ Fe}$ .

Das Salz wird daher auch zur Darstellung des Berlinerblau und in der Färberei benutzt.

Kallumfeisen-  
cyanid.

Das Kallumfeisencyanid (rothes Blutlaugensalz)  $3 \text{ KCy} + \text{FeCy}_2$ , welches man durch Einleiten von Chlorgas in eine Auflösung von Kallumfeisencyanür erhält, bis letztere ein reines Eisenorydsalz nicht mehr blau niederschlägt:  $2 (2 \text{ KCy} + \text{FeCy}) + 2 \text{ Cl} = \text{KCl} + 3 \text{ KCy} + \text{FeCy}_2$ , krystallisirt in wasserfreien, luftbeständigen, morgenrothen Prismen. Es ist das empfindlichste Reagens auf Eisenorydsalze, welche es nicht als Cyanür, sondern als Cyanürcyanid mit Kallumfeisencyanür mit dunkelblauer Farbe (Berlinerblau) niederschlägt, z. B. bei schwefelsaurem Eisenorydul:  $4 \text{ FeS} \cdot 2 (3 \text{ KCy} + \text{FeCy}_2) = 4 \text{ K}\ddot{\text{S}} + (3 \text{ FeCy} + 2 \text{ FeCy}_2) + (2 \text{ KCy} + \text{FeCy})$ . Die Auflösungen der Eisenorydsalze werden bei nicht zu großer Verdünnung davon braunroth gefärbt ohne Trübung, indem auflösliches Eisencyanid entsteht:  $\text{FeS} + 3 \text{ KCy} + \text{FeCy}_2 = 3 \text{ K}\ddot{\text{S}} + 2 \text{ FeCy}_2$ . Es dient daher auch dazu, um zu ermitteln, ob Eisenorydsalze frei von Drydulsalz sind, oder um beide von einander zu scheiden.

Eisencyanür-  
cyanid.

Eisencyanürcyanid  $3 \text{ FeCy} + 2 \text{ FeCy}_2$  ist theils für sich, theils in Verbindung mit Eisenoryd und Kallumfeisencyanür ein Bestandtheil verschiedener blaugefärbter und als Farbstoffe häufig benutzter Salze (Berlinerblau, Pariserblau). Man erhält es durch Fällung von Eisenorydsalzen mit Kallumfeisencyanür, oder wenn man die damit gefällten Drydulsalze längere Zeit der Luft aussetzt. Es bildet ein dunkelblaues Pulver, bei zusammenhängenden Stücken mit schwachem Kupferglanz, ist in Wasser und verdünnten Säuren nicht, wohl aber in Alkalien, concentrirten Metallsäuren und in Drallsäuren auflöslich. Es ist vorzüglich insofern in der reinen Chemie wichtig, als es den blauen Niederschlag bildet, welchen man bei der Prüfung auf Eisen mittelst Kallumfeisencyanür erhält, in der Technik als Farbmateriale.

Schwefeleisen

Das Einfachschwefeleisen  $\text{Fe}$  erhält man durch Glühen von Eisenblech in Schwefelgas als graulichgelbe, metallglänzende, in starker Glühhitze schmelzbare Masse, durch Zusammenschmelzen von 3 Theilen Eisenfeilspänen und 2 Theilen Schwefel und auf nassem Wege durch Fällung eines Eisenorydsalzes mit einem Schwefelalkali, als schwarzes Pulver, welches letztere aber feucht nach einigen Stunden grauweiß wird, indem sich das Eisen oxydirt und die Farbe des Schwefels sichtbar wird. Es löst sich in verdünnten Säuren unter Entwicklung von reinem Schwefelwasserstoffgas ohne Abscheidung von Schwefel auf:  $\text{Fe}$  oder  $\text{FeS} + 4 \text{ O} = \text{FeS}$ . Man benutzt es daher in der Chemie häufig zur Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas.

Der schwarze Niederschlag, welchen man durch Fällung von Eisenorydsalzen mittelst Schwefelalkalien, oder Schwefelwasserstoffammonium erhält,

ist gleichfalls Einfachschwefeleisen, weil das Dryd, wie durch Schwefelwasserstoff, zuerst unter Abscheidung von Schwefel in Drydul reducirt wird und aus dem Drydul von unzersetztem Schwefelalkali Einfachschwefeleisen gefällt wird. Setzt man dagegen eine neutrale Auflösung des Eisenoxydsalzes der Lösung des Schwefelalkalis zu, so ist der schwarze Niederschlag Aenderthalbchwefeleisen  $\text{Fe}_2\text{S}_3$ .

Das Doppelschwefeleisen (Schwefelties, Eisenties, Wasser-ties)  $\text{FeS}_2$  kommt in der Natur in speisgelben (graulichgelben) metallglänzenden, fast stahlharten spröden Würfeln, oder geraden rhombischen Säulen vor. Es löst sich nicht in verdünnten Säuren auf und verliert beim Glühen unter Luftabschluß 23% Schwefel und wird  $\text{Fe}_2\text{S}_3$ , eine Verbindung, die sich in der Natur findet als Magnetkies und sich auch dadurch künstlich darstellen läßt, daß man eine fast weißglühende Stange von Schmiedeeisen mit Schwefel berührt, wobei die Verbindung reichlich in ein untergesetztes Gefäß herabfließt. Sie eignet sich besser zur Entwicklung von Schwefelwasserstoff, als Einfachschwefeleisen, weil sie das Gas vermöge ihres festeren Zusammenhanges nicht so stürmisch, aber anhaltender entwickelt. Sie bildet wie der Magnetkies eine tombacbraune, metallglänzende, krystallisirte Masse.

## Mangan.

Zeichen Mn. Atomgewicht und Äquivalent 345,887.

Das Mangan kommt nicht gebiegen in der Natur vor, sondern meist mit Sauerstoff verbunden, aber auch in Verbindung mit Schwefel, Chlor und Arsenik, am reichlichsten als Pyrolusit (Manganhyperoxyd), Psilomelan (Hyperoxyd mit Drydul und Baryt) und Manganit (Drydhydrat), auch in Wasser und vielen Mineralien, jedoch nur in kleinen Mengen, als ein selten fehlender Begleiter des Eisenoxyds, ebenso (wahrscheinlich mit Pflanzensäuren), in den meisten Pflanzen. Man erhält es durch Erhitzen von kohlensaurem Manganoxydul mit Kohle bei heftigstem Gebläsefeuer, aber mit Kohle und Kiesel verunreinigt, welche man durch nochmaliges Erhitzen mit etwas kohlensaurem Manganoxydul oxydirt. Das Manganmetall hat eine graue Farbe, ist sehr spröde, von 8 specifischem Gewicht und bei  $-20^\circ \text{C}$ . magnetisch, darüber aber nicht. An der Luft und im Wasser oxydirt es sich so rasch, daß man es nur in zugeschmolzenen Glasröhren aufbewahren kann. Es bildet mit dem Sauerstoff 5 Verbindungen, ein Drydul, Dryd, Hyperoxyd und 2 Säuren.

Das Manganoxydul (Manganprotoxyd) Mn kommt für sich in der Natur nicht vor, wohl aber seine Salze, wie das Carbonat und Silicat. Man erhält es durch Schmelzen von Manganchlorür mit kohlensaurem Natron bei Glühhitze und Luftabschluß, wo es beim Auslaugen mit Wasser, und Trocknen als grünlichgraues Pulver zurückbleibt, welches sich bei dieser Operation nicht höher oxydirt. Das durch Erhitzen von Mangansuperoxyd, Manganoxydhydrat, kohlensaurem Manganoxydul u.

Verbindungen des Mangans.  
Manganoxydul.

erhaltene Drydul ist gleichfalls graulichgrün, geht aber an der Luft bald in Dryd über, nicht aber, wenn es bei höherer Temperatur reducirt wurde, wo man es als geschmolzene grüne Masse erhält. Es ist in Wasser nicht, wohl aber in Salmiallösung auflöslich, und läßt sich also dadurch von Eisenorydul und Eisenoryd trennen, wenn man die Salze vor dem Fällern durch ägendes Alkali mit Salmial versetzt.

Das Manganoxydul bildet mit den Säuren bald farblose, bald blaß rosenrothe Salze. Man hat die rothe Färbung der Beimischung von höheren Drydationsstufen zugeschrieben, allein wenn diese auch zuweilen diese Färbung verursachen, so scheint sie doch hier einen anderen Grund zu haben, weil sie durch Schwefelwasserstoff, welches Dryd in Drydul umändert, nicht zerstört wird, sie gehört wahrscheinlich einer eigenen, isomeren Modification an, welche noch nicht näher untersucht ist. Sie haben einen bitter zusammenziehenden Geschmack.

Ausmittelung  
des Manganoxyduls.

Das Manganoxydul gibt sich in seinen Auflösungen durch folgende Reactionen zu erkennen: Alkali und Ammoniak fällen es weiß, der Niederschlag wird aber (namentlich beim Filtriren) sehr schnell bräunlich und endlich schwarzbraun (Dryd). Der weiße Niederschlag von kohlensauren Alkalien wird erst beim Erhitzen bräunlich, der durch freie Alkalien erhaltene Niederschlag löst sich auf Zusatz von Salmiak wieder vollständig, nicht aber der von den kohlensauren; ersterer entsteht daher bei Gegenwart von Salmiak gar nicht. Von Schwefelwasserstoff wird es nur aus ammoniakalischen und einigen neutralen Auflösungen in sehr schwachen Säuren weiß gefällt, Schwefelwasserstoffammoniak bildet damit in concentrirten Auflösungen einen fleischrothen Niederschlag, der beim Auswaschen mit Wasser hellolivengraubraun, beim Trocknen an der Luft dunkelkastanienbraun, dann graubraun, beim Erhitzen unter Abgabe von Schwefel graulich wird und im Ueberschusse des Fällungsmittels nicht, aber leicht in Säuren auflöslich ist. Von Cyaneisenkalium wird es in verdünnten Auflösungen, oder durch starken Zusatz des Fällungsmittels weiß, aus concentrirten Auflösungen aber je nach dem stärkeren oder schwächeren Zusatze des Fällungsmittels blaßroth, rosenroth bis chocoladebraun gefällt, da sich, wie es scheint, die vorhandene rothe Modification des Salzes (vgl. S. 263) immer vor der weißen niederschlägt. Der Niederschlag ist in verdünnter Salzsäure löslich, wodurch er sich von zugleich mit niedergeschlagenem Eisen trennen läßt. Auflösungen von unterchlorigsaurem Natron oder unterchlorigsaurem Kalk (Chlorkalk) fällen das Manganoxydul, besonders auf Zusatz von wenig Schwefelsäure, schwarzbraun als Dryd. Vom Eisen unterscheidet sich das Mangan aber besonders dadurch, daß es von bernsteinsaurem, oder benzoësaurem Ammoniak, nicht wie dieses gefällt wird, sondern in Auflösung bleibt.

Nach Krasnowiz kann man den geringen Mangangehalt der Pottasche, also auch den der Mineralien dadurch nachweisen, daß man einen Tropfen Salzsäure darauf bringt, welcher sich dabei mit einem feurig rosenrothen Rande umgibt, welcher verschwindet, wenn man den Tropfen darüber

hingeleiten läßt, sich aber jedesmal da wieder erzeugt, wo der Säuretropfen an die noch trockne Salzmasse grenzt. Er schlägt vor, die Mineralien mit Kali oder Natron zu schmelzen und dann in Salzsäure aufzulösen, um das Mangan ohne Entfernung von Eisen u. erkennen zu können, denn es versteht sich von selbst, daß die oben angegebenen Reactionen nur bemerkbar werden können, wo keine anderen Metalle und namentlich kein Eisen vorhanden ist, ohne welches das Mangan selten vorkommt, oder nachdem man es vorher durch Fällung mit Kali aus salmiathaltiger Auflösung davon geschieden hat <sup>1)</sup>.

Erum gibt <sup>2)</sup> folgendes Verfahren an, um Mangan ohne vorherige Entfernung anderer Metalle in Flüssigkeiten zu entdecken: Man erhitzt Bleisuperoryd mit verdünnter Salpetersäure und setzt dann die Manganauflösung zu, die Flüssigkeit nimmt, selbst wenn man nur sehr wenig von der Auflösung anwendet, die intensiv purpurrothe Farbe der Übermangansäure an, indem das Bleihyperoryd  $Pb$  als Oryd  $Pb$  sich mit Salpetersäure verbindet und sein Sauerstoff das Manganoxydul in Übermangansäure verwandelt. Die Färbung ist sehr leicht wahrzunehmen, sobald sich der Überschuß des Bleisuperoryds zu Boden gesetzt hat. Frischer Kalk in Salpetersäure gelöst zeigte diese Reaction noch sehr deutlich und auch weißer Marmor erwies sich hiernach nicht manganfrei.

Vor dem Löthrohr gibt Manganoxydul und seine Salze so wie auch die übrigen Oxydationsstufen desselben mit Borax schwarze, bei größerer Verdünnung violette bis rothe (amethystfarbene) in der inneren Flamme farblos werdende Gläser, mit vieler Soda, oder mit Salpeter geschmolzen grünes mangansaures Natron.

Das kohlensaure Manganoxydul  $MnO$  kommt in verschiedenen Verhältnissen mit kohlensaurem Eisenorydul zusammen krystallisirt als Spathisenstein, mit kohlensaurem Kalk und Eisenorydul gemengt als Rothmanganerz und, wenn auch nur in geringeren Mengen, auch in vielen anderen Mineralien fast so häufig, als das Eisen vor. Wo es in überwiegender Menge in Mineralien vorkommt, färbt es dieselben gewöhnlich rosenroth, sonst verschwindet aber seine Farbe gegen die der Eisenverbindungen. Das künstlich durch Fällen von Oxydulsalzen durch kohlensaure Alkalien als Hydrat dargestellte ist ein weißes, als Bicarbonat wie Eisenorydul, Kalk und Magnesia in kohlensäurehaltigem Wasser lösliches Pulver, wird daher auch nicht selten in Mineral- und gewöhnlichen Quellwässern angetroffen. Kaiser sah daher die  $\frac{3}{4}$  Zoll weite Leitungsröhre eines Münchener Brunnenwassers ganz mit Manganoxyd ausgefüllt, welches sich in 2 Jahren aus dem manganoxydulhaltigen Wasser abgelagert hatte.

Kohlensaures  
Manganoxy-  
dul.

Das schwefelsaure Manganoxydul (Manganvitriol)  $MnSO_4$ , welches man als Rückstand bei der Sauerstoffentwickelung aus Braunstein

Schwefelsau-  
res Mangan-  
oxydul.

1) Poggendorff's Ann. 36. S. 565.

2) Ann. d. Chem. u. Pharm. 60. S. 219.

(Manganhyperoryd) mittelst Schwefelsäure erhält, wenn Glühfuge dabei angewendet worden ist, wobei das vorhandene Eisensulphat durch Verlust seiner Schwefelsäure beim Auslaugen unlöslich zurückbleibt, krystallisirt in farblosen, oder amethystfarbenen geraden rhombischen Säulen, schmeckt zusammenziehend bitter, löst sich in  $2\frac{1}{2}$  Theilen kaltem, weniger leicht im kochendem Wasser, nicht in Weingeist auf, verwittert an der Luft und in der Wärme und kann mit verschiedenen Mengen Wasser krystallisiren.

Kieselsaures  
Manganoryd-  
bul.

Das Kieselsaure Manganoxydul ist im neutralen Zustande unbekannt. Das basische dagegen kommt in Mineralreiche vor, zweifach-basisches  $Mn_2Si$  als schwarzer Mangankiesel, welches 3 Atome Wasser enthält, schwarz und in Säuren leicht löslich ist; das halbbasische  $Mn_2Si_2$  als rother Mangankiesel, welches selten krystallisirt, sondern gewöhnlich derb vorkommt, rosenroth und auf nassem Wege nicht zersezbar ist. Manganoxydulsilicate bilden den färbenden Bestandtheil vieler roth oder violett gefärbter Mineralien und bilden auch einen gewöhnlichen Bodenbestandtheil.

Das Manganoxyd (Mangandeutoxyd)  $Mn$  kommt, wiewohl selten, als Mineral krystallisirt vor unter dem Namen Braunit, auch bildet es, wiewohl nur in kleinen Mengen, einen gewöhnlichen Begleiter des natürlich vorkommenden Eisenoxyds. Man erhält es durch gelindes Erhitzen des salpetersauren Manganoxyduls, es ist schwarz, oder wenn es in einer Flüssigkeit niedergeschlagen und vertheilt ist, dunkelbraun. Es hat zu den Säuren nur schwache Verwandtschaft und seine Salze verwandeln sich durch Kochen der Auflösung in Oxydulsalze. Von den Manganoxydsalzen ist daher auch, außer dem schwefelsauren und dieses nur im aufgelösten Zustande, keines hinlänglich bekannt, ebensowenig die entsprechenden Haloidsalze. Selbst von der Salpetersäure wird es unter Zurücklassung von Hyperoryd als Oxydulsalz aufgelöst, Salzsäure löst dunkelbraunes Chlorid auf, aber auch beim Entwässern durch Chlorcalcium unter einer Glasglocke krystallisirt nur Chlorür unter Chlorentwicklung.

Das Manganoxydhydrat  $MnH$  ( $= 10\%$  Wasser) findet sich in der Natur erdig als Bad, von dunkelbrauner Farbe und feinstrahlig, oder in Octaedern krystallisirt als Manganit, dem Braunstein sehr ähnlich, wovon er sich aber unterscheidet, daß er ein leberbraunes, der Braunstein dagegen ein schwarzes Pulver liefert. Man erhält es durch Oxydation des Oxydhydrats an der Luft.

Man erkennt das Manganoxyd an seiner Farbe und an der Chlorentwicklung, wenn es mit Salzsäure erhitzt wird. Die entfärbte Auflösung zeigt die Oxydulreactionen. Vor dem Löthrohr verhält sich das Oxyd wie Oxydul.

Manganoxyd-  
oxydul.

Das Manganoxyduloxyd  $Mn + Mn$  kommt natürlich vor als Hausmannit und wird erhalten durch starkes Erhitzen eines Oxyds (Hyperoryd, oder Oxydul). Es hat eine braune Farbe und wird durch Salpetersäure in Oxydul und Hyperoryd zersezt.

**Das Manganshyperoxyd** (Manganshyperoxyd, Manganperoxyd)  $Mn$  kommt ziemlich häufig vor als Graumanganerz, Graubraunsteinerz, Pyrolusit, strahlig, faserig, kugelig, traubig, nierenförmig, blätterig, in geraden rhombischen Säulen krystallisirt und erdig, von eisen-grauer Farbe. Es zerfällt sich bei starker Glühhitze in Dryd und Sauerstoff, mit Säuren schon bei schwächerem Erhitzen in Drydul, es wird daher auch zur Darstellung von Sauerstoff und mit Salzsäure zur Darstellung des Chlors, zur Darstellung aller Manganpräparate, zu braunen Glasuren und in kleinen Mengen zur Entfärbung des Glases benutzt, indem der freiverdende Sauerstoff die Kohlentheile verbrennt.

Manganhyperoxyd.

**Das Hyperoxydhydrat** ( $MnH$ ) entsteht durchs Behandeln der Mangansäure mit Salpeter- oder Schwefelsäure.

**Die Mangansäure** ( $Mn$ ) ist noch nicht für sich dargestellt worden, weil sie das Wasser sogleich zerlegt. Man kennt nur mangansaures Kali und Natron. Man erhält die Kaliverbindung durch Zusammenschmelzen von 1 Theil Braunstein und 2 Thln. Pottasche, sie ist schwärzlichgrün, löst sich in Wasser mit dunkelgrüner Farbe auf, die Auflösung wird bald violett, dann roth unter Absatz brauner Flocken (Dryd- und Hyperoxydhydrat) und endlich ganz farblos. Die Verbindung erhielt deshalb den Namen „mineralisches Chamäleon.“ Die Auflösung wird nämlich durch die Kohlensäure der Luft und des Wassers (besonders Brunnenwasser) zerlegt. Die freie Mangansäure geht sogleich in Dryd und Hyperoxyd über, während der ausgeschiedene Sauerstoff mit dem noch unzerlegten mangansauren Kali übermangansaures Salz bildet. Das Natronsalz verhält sich ganz ähnlich.

Mangansäure

**Übermangansäure**  $Mn$  wird durch Zersetzung des übermangansäuren Baryts durch Schwefelsäure erhalten. Es ist eine dunkelrothe Flüssigkeit, welche sich bei mittlerer Temperatur langsam, bei  $+ 30$  bis  $40^{\circ} C.$  rasch zerlegt in Hyperoxyd und Sauerstoff. Sie bleicht augenblicklich organische Körper, dasselbe thun, wiewohl in geringerem Grade, ihre Salze. Letztere sind gleichfalls dunkelroth und sämmtlich im Wasser löslich. Das übermangansäure Kali  $KMn$  erhält man durch Auskochen des mangansauren mit Wasser, es krystallisirt in dunkelpurpurfarbenen Nadeln, schmeckt süßlich bitter, herb, löst sich in 15—16 Theilen Wasser auf, die Auflösung wird durch Kali violett, blau, zuletzt grün gefärbt und durch alle organischen Stoffe unter Abscheidung von Drydhydrat und Bildung von kohlensaurem Kali zerlegt.

übermangan-säure.

**Das Manganchlorür**  $MnCl$  kommt in einigen Mineralwässern vor, wird durch Behandeln von Braunstein mit Salzsäure unter Chlor-entwicklung erzeugt und bildet rosenrothe, zerfließliche, tafelförmige Krystalle.

**Das Schwefelmangan**  $Mn$  kommt als Manganblende, Manganglanz vor in krystallinischen Massen und eingesprengt, metallglänzend, eisen-schwarz und wird künstlich erhalten durch Glühen von Braunstein und

Schwefel-mangan.



Schwefel, wobei schwefligsaures Gas entweicht, oder durch Fällung eines Manganorydulsalzes mit Schwefelwasserstoffgas, im ersteren Falle als schwarzes Pulver, in letzterem Falle als fleischrother Niederschlag, der beim Trocknen braun wird.

### Organische Chemie.

Begriff der organischen Chemie.

Man versteht unter der organischen Chemie den Theil der speciellen Chemie, welcher sich mit den organischen Körpern, oder mit den chemischen Erzeugnissen der Lebenskraft beschäftigt.

Organische Körper.

Während man bei den anorganischen Körpern, bei den Erzeugnissen des Mineralreiches den Grund ihrer Verschiedenheit leicht in der Verschiedenheit der Elemente findet, aus denen sie bestehen, läßt sich diese Annahme bei den organischen Körpern nicht aufstellen, da die Lebenskraft aus einer sehr beschränkten Anzahl von Elementen eine außerordentlich große Menge von einander ganz unähnlichen Körpern hervorbringt. Die meisten organischen Körper bestehen nämlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Bei wenigen fehlt, wie bei der Dralsäure ( $C_2O_3$ ) der Wasserstoff, oder wie bei einigen flüchtigen Ölen der Sauerstoff. Viele, besonders die thierischen enthalten auch Stickstoff, einige wenige auch Schwefel und Phosphor.

Alle Eigenschaften, welche man früher den organischen Körpern als eigenthümlich zugeschrieben hat, haben sich später als unwesentlich, als zufällig erwiesen. Jeder Versuch, eine bestimmte Grenze zwischen den Gebieten der anorganischen und der organischen Chemie zu ziehen, ist bis jetzt noch gescheitert. Indessen lassen sich doch einige Punkte aufstellen, in denen sie sich wenigstens gewöhnlich unterscheiden.

Organische Körper werden durch höhere oder niedere Hitzgrade unter Zurücklassung von Kohle zerlegt, sie verkohlen.

Ihre Elemente ordnen sich beim Erlöschen der sie erzeugenden Lebenskraft unter Mitwirkung der atmosphärischen Luft zu neuen Verbindungen, sie gehen in Fäulniß über.

Sie können aus ihren Elementen nicht künstlich dargestellt werden.

Die wenigen Elemente, aus denen sie bestehen, verbinden sich in sehr mannichfaltigen Verhältnissen und ihre Verbindungen haben meist hohe Atomgewichte.

Endlich scheinen dieselben nicht binär zusammengesetzt zu sein.

Betrachtet man jedoch diese unterscheidenden Eigenschaften näher, so ergeben sie sich dem jetzigen Standpunkte der organischen Chemie gemäß als sehr schwankend.

Was zunächst die Zersezbarkeit organischer Körper in der Hitze betrifft, so ist diese Eigenschaft keinesweges allgemein, es lassen sich viele in der Hitze nicht verflüchtigen und viele selbst durch glühende Röhren geleitet, nicht zerlegen.

Ebenso wenig unterliegen alle organischen Körper der Fäulniß und viele anorganischen Verbindungen zerfallen gleichfalls ohne weitere Veranlassung, als die Einwirkung der atmosphärischen Luft, und oft selbst auch ohne diese. Es muß dies bei den organischen Körpern nur deswegen leichter geschehen, weil ihre Bestandtheile meist durch eine geringere Verwandtschaft zusammengehalten werden und weil ihre Elemente sich leicht mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft verbinden.

Vermochte man auch mit Hilfe der Kunst nur äußerst wenige jener organischen Verbindungen aus ihren Elementen darzustellen, wie sie der Lebensprozeß hervorbringt, so gelang es doch schon, ziemlich viele ihnen analoge Verbindungen zu erzeugen, auch lassen sich viele der natürlich vorkommenden künstlich in einander umwandeln, und wie viele Steine und Erze des Mineralreichs konnten auch noch nicht mit Hilfe der Kunst dargestellt werden? Der Satz, daß die organischen Körper sich nicht künstlich aus ihren Elementen darstellen lassen, ist demnach dahin zu berichtigen: die Natur vermag die organischen Körper nur unter Vermittelung der Lebenskraft aus ihren Elementen zu erzeugen.<sup>1)</sup>

Die Mannfaltigkeit der Verbindungsverhältnisse ist allerdings sehr groß, allein auch diese Erscheinung findet sich nicht ausschließlich bei den organischen Körpern, denn je schwächer die Verwandtschaft zwischen zwei Körpern, in um so mannigfacheren Verhältnissen verbinden sie sich, sie mögen organischen oder anorganischen Ursprungs sein. Schwefelsäure verbindet sich mit Baryt nur in einem Verhältnisse, die Kieselsäure dagegen mit den Erden in sehr verschiedenen. Es kann sonach auch die Mannfaltigkeit der Verbindungsverhältnisse und das hohe Atomgewicht der Verbindungen nicht als ein ausschließliches Kennzeichen der organischen Körper betrachtet werden. Zudem ist es auch in neuerer Zeit gelungen, Körper, welche ein sehr hohes Atomgewicht besitzen, ohne wirklich in der organischen Natur vorzukommen, aus ihren Elementen darzustellen, wie das Melam ( $\text{H}_5 \text{C}_{12} \text{N}_{11}$ ).

Was endlich die Annahme betrifft, daß die organischen Körper aus ihren Elementen nicht binär, sondern ternär, quaternär und selbst quinär zusammengesetzt seien, so hat sie gleichfalls durch die neuesten Forschungen eine bedeutende Erschütterung erlitten. Man suchte nämlich die Verbindung von 3, 4, oder 5 Elementen, aus welchen man diese Körper zusammengesetzt findet, durch die Annahme zu erklären, daß dieselben, wie in allen organischen Körpern, welche aus mehr als zwei Elementen bestehen, zu je zwei näheren Bestandtheilen verbunden seien, so daß, wie auch bei manchen anorganischen Verbindungen (Ammoniak- und Cyanverbindungen), zusammengesetzte Körper die Stelle von Elementen vertreten, sich mit anderen Elementen

1) Aber auch diese Modification kann ihre Geltung nicht behalten, wenn man eine Urzeugung (vgl. im speciellen Theil) annimmt. Die Dralsäure kommt im Mineralreich vor, vgl. S. 280.

verbinden können. Bei weitem die Mehrzahl der organischen Verbindungen ist sauerstoffhaltig und besitzt den Charakter der anorganischen Dryde.

Einteilung  
der  
organischen  
Körper.

So wie diese sauer oder basisch sein können, so finden sich auch verschiedene Säuren und Basen unter jenen, wovon namentlich die letzteren alle stickstoffhaltig sind. Die größere Zahl der organischen Stoffe ist jedoch weder starke Basis, noch Säure und heißen deshalb indifferente Körper.

Die näheren  
Bestandtheile  
derselben.  
Organische  
Radicalc.

Man denkt sich daher die organischen Körper, sie mögen nun starke oder schwache Basen oder Säuren sein, bestehend aus Radicalen, welche jedoch zusammengesetzt sind, während die Radicale der anorganischen Körper einfache Stoffe sind, in Verbindung mit Sauerstoff, und es ist auch wirklich gelungen, einige derselben für sich herzustellen. Ist dies auch bis jetzt nur bei einem kleinen Theile derselben möglich gewesen, so mag dies seinen Grund darin haben, daß bei der Zersetzung mit der Wegschaffung des elektronegativen Stoffes, auch gewöhnlich die durch prädisponirende Verwandtschaft zusammengehaltenen Grundstoffe des Radicals sich anderweitig vereinigen und als Zersetzungsprodukte hervortreten. Bisweilen erscheinen sie zwar nach der Zersetzung in derselben Mischung, wie in der Verbindung, aber mit anderen Eigenschaften, als isomere oder polymere Modification. Aus demselben Grunde ist es auch noch bei den wenigsten gelungen, dieselben wieder in die ursprüngliche Verbindung zurückzubringen, wohl aber läßt sich der elektronegative Bestandtheil, womit ein Radical in Verbindung steht, durch einen anderen ersetzen. Man nennt einen solchen Vorgang Substitution.

Die zusammengesetzten Radicale, welche aus zwei Elementen bestehen, heißen binäre Radicale, sie sind meist aus Kohlenstoff und Wasserstoff, selten aus Kohlenstoff und Stickstoff zusammengesetzt. Die ternären bestehen gewöhnlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff, wenige aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Schwefel oder Kohlenstoff, Wasserstoff und Arsenik. Von quaternären Radicalen besteht nur ein problematisches Beispiel von Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Schwefel.

Die Radicale aus Kohlenstoff und Wasserstoff bezeichnet man durch die Endsilbe yl von  $\gamma\lambda\gamma$  Stoff. So heißt also das Radical der Essigsäure Acetyl, das der Ameisensäure Formyl, woraus die wissenschaftlichen Benennungen dieser Säuren: Acetylsäure und Formylsäure entstanden sind. Die Radicale aus Kohlenstoff und Stickstoff erhalten die Endung an, z. B. Cyan<sup>1)</sup>, Paraban, Mellan, die Radicale aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff die Endung en (lang oder mit Betonung ausgesprochen, en), Inden, Lithen.

Die organischen Säuren lassen sich mit anorganischen und organischen Basen, ebenso letztere mit anorganischen Säuren zu Salzen verbinden, welche an ihren Eigenschaften ganz mit den anorganischen Salzen übereinstimmen.

1) Das Cyan wurde wegen seines chemischen Verhaltens schon im anorganischen Theile unter den Haloiden abgehandelt.

Die indifferenten organischen Körper verbinden sich mit anorganischen Basen und Säuren, doch haben diese Verbindungen nicht den Charakter der Salze, sondern ähneln mehr den Doppeloxyden, die Verbindungen derselben aber gleichen mehr den Säuren oder sauren Salzen und gehen auch mit den Säuren in die Verbindung mit Basen zu wirklichen neutralen Salzen ein.

Alle organischen Verbindungen sind feste oder flüssige Körper, keiner derselben ist ein permanentes Gas. Manche verflüchtigen sich indes ohne Zersetzung, die meisten jedoch werden schon unter der hierzu nöthigen Temperatur zersetzt.

Außer der Wärme wirken aber auch die stärkeren anorganischen Säuren und Basen unter gewissen Verhältnissen zersetzend auf die organischen Verbindungen ein, und das Zersetzungsprodukt nähert sich um so mehr in seiner Verbindungsweise den anorganischen Stoffen, je mehr die Einwirkung der ersteren gesteigert worden ist.

### Analyse der organischen Körper.

Das bei der qualitativen Analyse organischer Substanzen einzuschlagende Verfahren weicht von dem bei anorganischen Verbindungen gebräuchlichen bedeutend ab. Man hat hier keine so bestimmte Reihe von Reagentien, nach deren Anwendung man auf die Gegenwart eines Körpers mit Bestimmtheit schließen kann. Die bei jenen anwendbaren Reagentien müssen sogar hier vermieden werden, weil sie die organischen Körper leicht zersetzen und unkenntlich machen. Es müssen daher bei organischen Analysen alle stärker wirkenden Agentien, Säuren und Alkalien und besonders eine höhere Temperatur so wenig als möglich in Anwendung kommen.

Man muß, um einen organischen Körper genauer untersuchen zu können, denselben erst aus seinen Verbindungen oder Gemengen abscheiden durch Anwendung von indifferenten Lösungsmitteln, Wasser, Weingeist von verschiedener Stärke, Äther u. Aus den so gewonnenen Auszügen erhält man dann meist die organischen Körper durch Krystallisiren, Destilliren und Sublimiren.

Erst im isolirten Zustande lassen sich die organischen Körper an ihren physikalischen Eigenschaften, an ihrem Verhalten zu Säuren, Alkalien, Erd- und Metallsalzen und bei verschiedenen Temperaturen erkennen. Da sich dieselben indessen in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften, so wie in ihren Zersetzungsprodukten oft nur wenig unterscheiden, so bleibt das zuverlässigste Mittel, die Natur eines organischen Körpers zu untersuchen, die Elementaranalyse. Sie lehrt, in welchen Gewichtsverhältnissen die Elemente in den organischen Körpern enthalten sind, und besteht der Hauptsache nach in einer Verbrennung. Aus den Verbrennungsprodukten, Kohlensäure und Wasser, berechnet man den Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt, nach deren Abzug die Sauerstoffmenge übrigbleibt. Der Stickstoff wird als Gas aufgefangen, oder als Ammoniak bestimmt, Schwefel und Phosphor als Säuren.

Elementar-  
analyse.

Verfahren bei  
der Elementar-  
analyse.  
Bestimmung  
des Kohlen-  
stoffs, Wasser-  
stoffs und  
Sauerstoffs.

Zuvor wird der zu analysirende Körper getrocknet in einem Gefäße, aus welchem man die Luft ausgepumpt hat, im Wasser- oder Salzbad, man wägt ihn dann, mengt ihn mit der 60- bis 80fachen Menge reinem, eben ausgeglühtem Kupferoryd (worin bei Analysen stickstoffhaltiger Körper metallisches Kupfer enthalten sein muß, um der Bildung von Stickstofforydgas, das sich in salpetrige Säure verwandelt und der Kohlensäure zu- addirt, vorzubeugen), oder mit chromsaurem Bleioryd, bringt ihn dann in ein langes schmales Rohr *a* von schwereschmelzbarem Glas, an dessen eines

Fig. 102.



Ende man ein abgewogenes Rohr *b* mit Stückchen geschmolzenem Chlorcalcium durch einen Korkstöpsel befestigt, während das entgegengesetzte Ende vor der Lampe ausgezogen und zugeschmolzen wird. Das andere Ende des Chlorcalciumrohres steht gleichfalls durch einen Kork, welchen eine Glasröhre durchbohrt und durch das Kautschutrohr *c* mit einem abgewogenen Glasgefäße *d* in Verbindung, welches aus 5 mit einander communicirenden in Röhren endigenden Kugeln besteht, die mit concentrirter Kalilauge gefüllt sind. Das mit dem Kupferoryd und der organischen Substanz gefüllte Rohr erwärmt man in einem kleinen Ofen *f* anfangs behutsam, nachher bis zum Glühen.

Der Kohlenstoff und Wasserstoff des organischen Körpers verbindet sich mit dem Sauerstoff des Kupferoryds zu Kohlensäure und Wasser, von denen letzteres durch das Chlorcalcium, erstere durch die Kalilösung absorbiert wird. Nach Vollendung des Versuchs wiegt man das Chlorcalciumrohr und das Glasgefäß mit der Kalilösung. Die Gewichtszunahme des ersteren ergibt die Menge des Wassers, die des letzteren die Menge der Kohlensäure, welche aus dem Wasserstoff und Kohlenstoff der organischen Substanz entstanden waren. Zieht man das Gewicht des Wasserstoffs und Kohlenstoffs von dem Gewichte des zur Analyse verwendeten organischen Körpers ab, so bleibt die in letzterem vorhanden gewesene Sauerstoffmenge übrig.

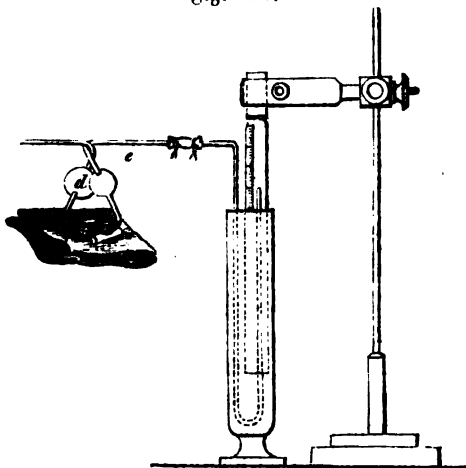
Ist der zu analysirende Körper eine Flüssigkeit, so tropft man ihn unter das Kupferoryd, wenn aber dieselbe sehr flüchtig ist, so wird sie in ein abgewogenes Glasflügelchen gebracht, dasselbe zugeschmolzen, abgewogen und in die Röhre geschoben. Man macht dann zuerst das Kupfer glühend, und erhitzt hierauf den Theil der Röhre, wo die Kugel liegt, wodurch diese springt und ihren Gehalt über das erhigte Dryd streichen läßt.

Bestimmung  
des  
Stickstoffs.

Die Bestimmung des Stickstoffs geschah früher ausschließlich nach dem Volum dieses Gases, wie man es bei der Verbrennung des organischen

Körpers mit Kupferoxyd erhält, jetzt aber gewöhnlich nach dem Gewichte des Ammoniak, welches beim Erhitzen des organischen Körpers mit Alkalien oder Kalk entsteht. Bei der ersteren Bestimmungsweise wird an den Kohlensäureabsorptionsapparat *de* noch ein Gasleitungsröhr angebunden,

Fig. 103.



das in einen mit Quecksilber gefüllten Cylinder taucht. In einem graduirten Glasrohre sammelt man das sich entwickelnde Stickstoffgas auf und bestimmt dasselbe nach dem Volum.

Besser ist es unstreitig zur Bestimmung des Stickstoffs noch eine besondere Analyse zu machen, wobei man die Substanz mit 1 Theil frisch geschmolzenem Kali- oder Natronhydrat und 2 Theilen gebranntem Kalk in einer Glasröhre glüht und das sich entwickelnde Ammoniakgas in verdünnter Salzsäure auffängt, woraus es dann durch Platinchlorid niedergeschlagen wird. Aus dem Gewichte des erhaltenen Ammoniumplatinchlorids wird die Quantität des Stickstoffs berechnet.

Gewöhnlich reicht, je nach dem Stickstoffgehalt, 0,5 — 1,0 Gramme Substanz zu dieser Untersuchung hin. Bei Gemengen verschiedener Körper kann man jedoch nur aus dem Mittel mehrerer Analysen den Stickstoff ermitteln, da man bald eine stickstoffreichere, bald eine stickstoffärmere Menge verwenden wird. Schmidt schlägt daher vor, in Fällen, wo es auf sehr große Genauigkeit nicht ankommt, nur einen einzigen Versuch, aber mit einer 10—12 Mal größeren Menge anzustellen. Da aber nach dem ersteren Verfahren eine zu große Glasglocke und viel Quecksilber, nach dem zweiten eine sehr große Menge Platinchlorid erforderlich wäre, so leitet man das Ammoniakgas in eine Auflösung von Chlorbaryum, in welche zugleich Kohlensäure strömt. Man berechnet dann die Menge des Ammoniak aus der Quantität des kohlensauren Baryts, welcher durch die Zersetzung mittelst des kohlensauren Ammoniak entsteht. Durch Division seines Gewichtes mit 7 erhält man den Stickstoffgehalt in Procenten.

Noch einfacher verfährt man nach Peligot, wenn man das Ammoniakgas in verdünnter Schwefelsäure von bekanntem Säuregehalt auffängt und dann die Menge der nicht von Ammoniak gesättigten Säure bestimmt, indem man sie mit Lackmustrinctur färbt und mit einer Auflösung von Aetkalk in Zuckerwasser in einem graduirten Cylinder (s. Alkalimeter) neutralisirt, von welcher man weiß, wie viel davon zur Neutralisation eines gewissen Volums der angewendeten Säure erforderlich ist <sup>1)</sup>.

Bestimmung  
des Schwefels  
und Phosphors.

Um den Schwefel- und Phosphorgehalt einer organischen Verbindung zu bestimmen, oxydirt man den Schwefel und Phosphor durch Behandeln der organischen Substanz mit Salpetersäure oder Königswasser, oder mengt dieselbe mit etwa 3 Gewichtstheilen salpeter- oder chlorsauren Kali, bringt das Gemenge in eine 8 Zoll lange Verbrennungsröhre, darüber eine Schichte chlorsaures Kali, erhitzt von oben nach unten, wobei der Sauerstoff des chlorsauren Kali unter Zurücklassung von Chlorkalium den Schwefel und Phosphor zu Schwefel- und Phosphorsäure oxydirt. Man digerirt den Rückstand mit Salpetersäure und bestimmt dann beide Säuren als solche, um daraus die Menge des Schwefels und Phosphors zu berechnen. Die Substanzen müssen natürlich zuvor auf Sulphate geprüft werden, indem man sie mit verdünnter Salzsäure digerirt und dem filtrirten Auszug Barytsalzlösung zusetzt. Die gefundene Schwefelsäure muß dann von der aus dem Schwefel erhaltenen abgezogen werden.

Liebig schmilzt den fein gepulverten schwefelhaltigen Körper mit etwa 12 Theilen schwefelsäurefreien Kali in einer Silberschale, setzt dann etwa 6 Theile Salpeter zu, erhitzt so lange, bis die Masse völlig weiß erscheint, löst mit destillirtem Wasser, übersättigt mit Salzsäure und fällt die Schwefelsäure mit Barytsalz.

Bestimmung der  
Atomzahlen  
aus den Re-  
sultaten der  
Elementar-  
analyse.

Es läßt sich auf diese Weise die procentige Zusammensetzung der analysirten Substanz ermitteln und daraus auch die relativen Atomzahlen der einzelnen Bestandtheile berechnen, wenn man die Procente jedes Bestandtheils durch das Atomgewicht desselben dividirt. Es ist aber hiernach noch unbestimmt, ob die so erhaltenen kleinsten Verhältnißzahlen auch die absoluten oder wirklichen Atomzahlen sind. Hierzu ist die Untersuchung einer Verbindung der organischen Substanz mit einer anorganischen Basis, z. B. mit Silber- oder Bleioxyd, oder Baryterde nothwendig.

Es sind hierzu drei Untersuchungen nöthig, eine auf die oben angegebene Weise, die andere dadurch, daß man die mit diesen Basen verbundene Substanz verbrennt und dann die übrig bleibende Menge Silber, Blei oder kohlenaurer Baryterde bestimmt. Die Menge der letzteren verhält sich zu der zur Analyse angewendeten Menge des organischen Körpers, wie das bekannte Atomgewicht der Metallverbindung zum unbekannten Atomgewicht der organischen Verbindung. Durch die dritte Analyse, eine

1) Die genauere Beschreibung dieses Verfahrens findet sich im pharm. Centralbl. 1847. S. 353—354 aus Compt. rend. 24. S. 550—553.

Verbrennung mit Kupferoxyd findet man die Bestandtheile der organischen Verbindung mit der Basis.

Vertheilt man nun nach dem Verhältnisse der aus dieser Untersuchung gewonnenen procentigen Resultate die einzelnen Bestandtheile auf das in der zweiten Analyse gefundene Atomgewicht der organischen Verbindung, so erhält man Zahlen, die durch die bezüglichen Atomgewichte der Bestandtheile dividirt, die wahre Anzahl der in der Verbindung enthaltenen Atomgewichte geben. Vergleicht man dieses Resultat mit dem aus der ersten Untersuchung, wo die reine organische Substanz analysirt wurde, so findet man gewöhnlich eine Differenz im Sauerstoff- und Wasserstoffgehalt, und zwar gerade in dem zur Wasserbildung erforderlichen Verhältnisse. Durch Abzug der Atomgewichtszahlen der organischen Substanz in ihrer Verbindung mit der Basis von denen der reinen Substanz erhält man die Anzahl der darin enthaltenen Wasseratomgewichte.

Zur Controle der so gefundenen Atomzahlen bestimmt man, wenn die Verbindung flüchtig ist, das specifische Gewicht ihres Dampfes und berechnet daraus ebenfalls diese Zahlen. Man läßt nämlich von einem kleinen abgewogenen Glasballon, welcher in eine Röhre endigt, durch Erwärmen desselben etwas von der zu untersuchenden Substanz auffaugen und erhitzt dann den Ballon im Wasser- oder Salzbad über den Siedepunkt der Substanz so lange, bis der Ballon nur mit Gas gefüllt ist und nichts mehr aus der Glasröhre ausbläst. Der Temperaturgrad des Ballons wird genau bestimmt und die Spitze der Röhre schnell zugeblasen. Man wiegt den Ballon genau ab, bricht nach völligem Erkalten die Spitze der Glasröhre unter Quecksilber ab und läßt dasselbe in den Ballon steigen. Das Quecksilber muß in einem graduirten Cylinder dem Raum nach gemessen werden und sollte neben demselben noch eine Luftblase im Ballon geblieben sein, so kann ihr Volum durch Füllen des leeren Ballons mit Quecksilber und Abmessen im graduirten Cylinder bestimmt werden. Aus dem bekannten Rauminhalt des Ballons berechnet man das Gewicht der darin enthaltenen atmosphärischen Luft und dividirt damit in das Gewicht des gleichen Dampfvolums, reducirt auf gleiche Temperatur und gleichen Barometerstand mit der Luft. Der Quotient ist das specifische Gewicht des Dampfes.

Man vertheilt nun nach dem Verhältnisse der gefundenen procentigen Zusammensetzung die Quantitäten der einzelnen Bestandtheile auf die als specifisches Gewicht des Dampfes gefundene Zahl und dividirt jede der so erhaltenen Zahlen durch das specifische Gewicht des bezüglichen Bestandtheils in Gasform. Die gewonnenen Quotienten liefern die Anzahl Volume oder Atomgewichte der Bestandtheile, welche in einem Volum oder Atomgewicht der gasförmigen Substanz enthalten sind.

Das specifische Gewicht des Kohlenstoffgases konnte zwar wegen der Feuerbeständigkeit des Kohlenstoffs nicht direct bestimmt werden, allein man hat dasselbe auf indirectem Wege gefunden. Wenn sich nämlich Sauerstoff durch Verbrennen von Kohle in demselben in Kohlensäure verwandelt, so verändert sich sein Volum nicht. Nun ist das specifische Gewicht des



Sauerstoff = 1,1026, das specifische Gewicht der Kohlensäure = 1,5240, folglich wiegt der in der Kohlensäure enthaltene gasförmige Kohlenstoff =  $1,5240 - 1,1026 = 0,4214$ . Die Kohlensäure ist aber  $\text{C}_2$ ; ein Volum derselben enthält also 1 Volum Sauerstoff- und  $\frac{1}{2}$  Volum Kohlenstoffgas. Stellen also 1,1026 Sauerstoffgas 1 Volum vor, so ist 0,4124 Kohlenstoffgas  $\frac{1}{2}$  Volum, folglich das ganze Volum, oder das specifische Gewicht des Kohlenstoffgases = 0,8248.

Vorstehende Beschreibung bietet bloß einen kurzen Überblick des bei der organischen Elementaranalyse einzuschlagenden Verfahrens. Genauere Angaben, wie sie zur wirklichen Vornahme solcher Analysen unerlässlich wären, nebst Abbildungen der Apparate finden sich in Mitscherlich's Lehrbuch der Chemie. 4. Aufl. 1844. Bd. I. S. 125—148; Berzelius' Lehrbuch der Chemie. 3. Aufl. 6. Bd. 1837. S. 28—63; Liebig und Woggenborff's Handwörterb. der reinen und angewandten Chemie. 1. Bd. 1837. S. 357—400; Persoz, Ann. de chym. et de phys. 75. S. 5—24; Payen ebendas. S. 54—58; Warrentrapp und Will, Ann. d. Chem. u. Pharm. 39. S. 257—296; Erdmann u. Marchand, Journ. f. prakt. Chemie 27. S. 129—140; Reiset, Ann. de chym. et de phys. 3<sup>me</sup> Sér. V. 1842. Août. S. 469—478; Fownes, Chemical Gazette. 1842. Dec. S. 81; Will, Ann. d. Chem. u. Pharm. 45. S. 95—112; Reiset, Ann. de chym. et de phys. Bd. 8; Erdmann u. Marchand, Journ. f. prakt. Chemie 37. S. 146—153; Welfens, Compt. rend. 20. S. 1437—1439. Diese Auszüge finden sich ganz oder auszugsweise im pharm. Centralblatt 1841 S. 290—295; S. 307—308; S. 753—762; 1842 S. 816—823; S. 886—889; 1843 S. 80; S. 161—166; S. 959; 1846 S. 438—440 u. S. 440—441.

### Organische Säuren.

Organische  
Säuren.

Da die meisten organischen Körper Verbindungen mit den stärkeren Basen eingehen, ohne daß alle diese den Mineralsäuren analog sind, so versteht man unter organischen Säuren nur solche Körper organischen Ursprungs, welche mit den meisten Basen den Salzen der Mineralsäuren analoge Reihen von Salzen bilden. Die meisten organischen Säuren sind fest, kristallisirbar, nur wenige bei gewöhnlicher Temperatur tropfbarflüssig, wie Essigsäure, Ameisensäure, Milchsäure. Die meisten verkohlen in der Hitze, nur wenige verflüchtigen sich ohne Zersetzung, wie Essigsäure, Ameisensäure, Bernsteinsäure. Viele liefern bei der trockenen Destillation neue Säuren, sogenannte Brenzsäuren.

Die meisten sind in Wasser und Alkohol löslich, unlöslich in beiden sind nur die Schleimsäure und Harnsäure, unlöslich in Wasser sind die nicht flüchtigen Fettsäuren. Die meisten röthen Lackmuspapier. Sie treiben größtentheils die schwächeren anorganischen Säuren, z. B. die Kohlensäure, aus ihren Verbindungen mit Basen aus und, wo unlösliche Salze dadurch entstehen, oft auch die stärksten, wie die Schwefelsäure. Bisweilen ist selbst ihre Verwandtschaft so groß, daß sie auch, wo kein Nieder-

schlag entsteht, solche Zersetzungen bewirken. So erhält man beim Versetzen von schwefelsaurer Titanoryd-Lösung (Titansäure gibt einen weißen Niederschlag) mit Oxalsäure eine braune Färbung von oxalsaurem Titanoryd ohne Niederschlag, beim Zusammenbringen von Eisenchlorid ( $\text{Fe}\text{Cl}_3$  wird nicht zersetzt) mit Essig-, Melon- oder Ameisensäure eine klare braunrothe Färbung von essigsaurem Eisenoryd u. Ihre Salze werden sämmtlich beim Erhitzen zersetzt, beim Verbrennen an der Luft hinterlassen sie kohlensaure Salze. Die alkalischen Salze sind meist in Wasser löslich, die Löslichkeit der Erd- und Schwermetallsalze ist bei den verschiedenen Säuren verschieden. Fast nur lösliche Salze geben Essigsäure, Milchsäure und Ameisensäure.

Was die Sättigungscapacität der organischen Säuren betrifft, so findet das aus der anorganischen Chemie entlehnte Gesetz, daß in den neutralen Salzen der Sauerstoff der Basis sich zu dem der Säure verhalte, wie 1 zur Atomzahl des in der Säure enthaltenen Sauerstoffs, mancherlei Schwierigkeiten. Um dieselben zu beseitigen, stellte Liebig eine ganz andere Ansicht über die Verbindungsverhältnisse organischer Säuren auf. Er fasste nämlich die zuerst von Humphry Davy gehegte Meinung über die Constitution der wasserhaltigen Säuren wieder auf, daß jede Säure bei ihrer Vereinigung mit Basen ihr Wasser nicht verliere, sondern ihren Wasserstoff zur Reduction des Dryds hergebe, das reducirte Metall sich aber unmittelbar mit der Säure verbinde, die jenen Sauerstoff des Wassers als integrierenden Bestandtheil enthalte. Es sind danach alle wasserhaltigen Säuren Verbindungen zusammengesetzter Radicale mit Wasserstoff und ihre Salze Verbindungen der von jenem Wasserstoff freien Säure mit dem Metall.

Sättigungs-  
capacität der  
organischen  
Säuren.

Nach dieser Ansicht ist Salpetersäure ( $\text{NO}_5 + \text{H}$ ) =  $\text{NO}_3 + \text{H}$  und salpetersaures Kali ( $\text{KO} + \text{NO}_5$ ) =  $\text{NO}_3 + \text{K}$ , Schwefelsäure =  $\text{SO}_3 + \text{H}$  und schwefelsaures Silberoryd =  $\text{SO}_3 + \text{Ag}$ .

Liebig nimmt nun weiter an, daß die wasserhaltigen organischen Säuren Verbindungen sauerstoffhaltiger Radicale mit 1, 2 oder 3 Äquivalenten Wasserstoff seien, welcher nicht zum Radical gehöre, beim Zusammentreffen der Säuren mit Sauerstoffbasen Wasser bilde und nun durch das reducirte Metall vertreten werde. Die Sättigungscapacität einer Säure hängt demnach nicht von ihrem Sauerstoffgehalt und ebensowenig vom Radical selbst ab, sondern nur von dem durch ein anderes Element, namentlich ein Metall, ersetzbaren Wasserstoff. Mit ihm nimmt die Sättigungscapacität einer Säure zu oder ab. Vermehren sich die Bestandtheile des Radicals, während sich jener Gehalt an ersetzbarem Wasserstoff gleich bleibt, so wird sich zwar das Atomgewicht der Säure verändern, ihre Sättigungscapacität aber unverändert bleiben.

Nach dieser Ansicht theilt Liebig die organischen Säuren, je nachdem sie 1, 2 oder 3 Atome ersetzbaren Wasserstoff enthalten, in einbasische, zweibasische und dreibasische Säuren. So ist die Weinsäure eine zweibasische Säure =  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{H}$ , oder  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_3 + 2\text{H}$ , die Citronensäure eine dreibasische =  $\text{H}_3\text{C}_3\text{O}_7 + 3\text{H}$  u.

Die organischen Säuren sind theils Produkte organischer Prozesse in Pflanzen und Thieren, theils rein chemischer Prozesse, welche nach, dem Tode derselben durch die Einwirkung der Luft, der Wärme und anorganischer Säuren oder Basen u. eingeleitet werden.

Die ersteren kommen entweder allgemeiner verbreitet vor, oder nur in einzelnen Theilen oder Familien derselben. Viele finden sich frei, andere an anorganische oder organische Basen gebunden.

### Essigsäure.

Essigsäure.  
Vorkommen.

Die Essigsäure A (Acidum aceticum) Acetylsäure Äc, C. H. O, ist theils frei, theils an Kali oder Kalk gebunden in vielen Pflanzensäften, immer aber nur in sehr unbedeutender Menge gefunden worden, und es steht noch in Frage, ob sie nicht auch da als ein Zersetzungsprodukt zu betrachten ist. Sie entsteht nämlich durch Zersetzung (Essiggährung) des Alkohols, verschiedener organischer Säuren, Schleim und Gummi durch Einwirkung der Luft, beim Verwesfen der Dammerde an sumpfigen Stellen, durch trockene Destillation des Holzes und anderer organischer Substanzen, so wie durch Einwirkung der Mineralsäuren auf dieselben und durch Drydation des Alkohols mittelst fein zertheilten Platins.

Darstellung.

Um sie in reinem Zustande zu erhalten, sättigt man die durch trockene Destillation des Holzes, oder durch Gährung weingeisthaltiger Flüssigkeiten entstandenen Produkte mit Basen, läßt die Salze krystallisiren, reinigt sie durch mäßiges Erhitzen, oder Behandeln mit Thierkohle und destillirt von dem mit Schwefelsäure übergossenen Salze die Essigsäure ab.

Eigenschaften.

Man kennt die Essigsäure nur als Hydrat. Als ÄH (Eisessig, Radicaleffig) bildet sie farblose blätterige Krystalle oder Tafeln, welche über  $+ 17^{\circ} \text{C.}$  schmelzen zur wasserhellen Flüssigkeit von 1,063 specifischem Gewicht, durchdringendem, eigenthümlichen Geruch und höchst beißendem Geschmack, sie zieht auf der Haut weiße Blasen, kocht bei  $+ 120^{\circ} \text{C.}$  und läßt sich unverändert destilliren, raucht schwach an feuchter Luft und zieht Wasser daraus an. Sie mischt sich in allen Verhältnissen mit Wasser, Alkohol und Äther, auch mit ätherischen Ölen und löst verschiedene Harze auf. Der durch Erhitzen erhaltene Dampf läßt sich entzünden und verbrennt mit blaßblauer Flamme zu Kohlensäure und Wasser.

Das zweite Hydrat ÄH<sub>2</sub> ist eine farblose saure Flüssigkeit von 1,078 specifischem Gewicht und kocht bei  $+ 104^{\circ} \text{C.}$

Salze.

Die essigsauren Salze, Acetate, sind auflöslich, größtentheils leicht krystallisirbar, verlieren zum Theil beim Glühen Essigsäure, meistens aber entwickeln sie eine ätherartige Flüssigkeit, Essiggeist, und ein kohlenstoffsaures Salz bleibt zurück.

Ausmittelung

Man erkennt die Essigsäure an ihrem Geruch, wo sie im freien Zustande vorkommt, oder bei der Zersetzung ihrer Salze durch Übergießen mit Schwefelsäure. Quecksilberoxydulsalze scheiden aus den Salzlösungen silberglänzende Schuppen von essigsaurem Quecksilberoxydul aus. Linte und

überhaupt Eisenorydsalze färben sie wie die Ameisen- und Metonsäure tief rothbraun; sie unterscheidet sich aber von der Ameisensäure, daß sie salpetersaures Silberoryd und salpetersaures Quecksilberorydul nicht reducirt, von der Metonsäure, daß letztere mit Baryt- und Kalkwasser und neutralem essigsauren Bleioryd einen in Wasser nicht, in Essigsäure aber leicht löslichen voluminösen hellgelben oder weißen Niederschlag, mit salpetersaurem Quecksilberorydul keinen krystallinischen, sondern einen käsig-flockigen Niederschlag erzeugt und beim Erhitzen in einer Glasröhre Kohle hinterläßt, während reine Essigsäure unverändert und ohne Rückstand entweicht. Die metonsauren Alkalisalze geben mit Chlorbaryum und Chlorcalcium in Wasser unvollständig, in Essigsäure aber schnell lösliche weiße Niederschläge.

Die Essigsäure dient theils für sich, theils mit ätherischen Ölen verbunden als Riechmittel und bildet einen Hauptbestandtheil des Essigs. Für die Chemie ist sie ein schätzbares Auflösungsmittel, sie hat mit der Salpetersäure das gemein, daß sie mit fast allen Salzbasen auflöslische Salze bildet, wovon mehrere auch in Alkohol auflöslich sind, wodurch sie sich dann von anderen Salzen scheiden lassen, hat aber dabei den Vorzug, daß sie nicht oxydirend und auf organische Substanzen nicht zersetzend wirkt und im freien Zustande, so wie mit Ammoniak in Verbindung, sich leicht wieder verflüchtigen läßt. Sie dient daher zur Neutralisation freier und kohlensaurer Alkalien und Erden, zur Trennung der Kalk- und Bittererde von der Thonerde, nach vorhergegangener Glühung des Gemenges, wodurch letztere in Essigsäure unauflöslich wird, zur Auflösung des Klebers und Leims, der Pflanzenbasen &c.

Anwendung.

### Ameisensäure.

Die Ameisensäure  $\bar{F}$  (Acidum formicum) Formylsäure  $\bar{F}o$ ,  $C_2$  Ameisensäure.  
 $H$ ,  $O_2$  findet sich in größter Menge in den Ameisen mit Äpfelsäure, sie Vorkommen.  
 spritzen dieselbe von sich, wenn man sie reizt, auch in Raikäsern (zu 0,211 %, Wittstein) und anderen Insekten, wie Musca domestica und Oniscus asellus, ferner (nach Aschoff) in den Wachholderbeeren, besonders im Wachholderbeeröl, wenn es längere Zeit mit der Luft in Berührung stand, (nach Weppen, Laurent und Anderen) nicht bloß in altem Terpentinöl, sondern auch (nach Aschoff) in den Nadeln von Pinus abies und andern Pinusarten, besonders in den abgefallenen, auch in der Luft ausgefegtem Citronenöl &c., und entsteht wahrscheinlich durch Einwirkung des Sauerstoffs der Luft auf viele andere flüchtige Öle und harzartige Stoffe. So fand Anthon an einem freiwillig in Erhitzung gerathenen Braunkohlenhaufen einen deutlichen Geruch nach Ameisensäure, welcher beim Besuch einer Grube bei Bilin so stark war, daß er die Augen zu Thränen reizte. Redtenbacher fand die Ameisensäure in einem faulenden Haufen von Kiefernreisig und Nadeln in bedeutender Menge, ohne daß er Spuren von Ameisen entdecken konnte.

Man erhält dieselbe wasserhaltig durch Destillation der Ameisen mit Darstellung. Wasser, oder durch Destillation von 1 Theil Zucker (Milchzucker, Stärke

oder Weinsäure) gelöst in 2 Theilen Wasser mit 3 Theilen fein geriebenem Braunstein und 3 Theilen Schwefelsäure, welche mit gleichen Theilen Wasser verdünnt wurden, es entwickelt sich Aether- und kohlensaures Gas und wässrige Ameisensäure geht über, welche man mit kohlensaurem Natron neutralisirt; man dampft hierauf zur Trockene ab und destillirt das trockene ameisensaure Natron mit 71 % seines Gewichts Schwefelsäure, die mit Wasser verdünnt wird. Das erste Hydrat  $\text{FoH}$  ( $= 20\%$  Wasser) erhält man durch Zersetzung von trockenem ameisensauren Blei, welches man in einer Glasröhre erwärmt mittelst darüber geleiteten trockenen Schwefelwasserstoffgases.

## Eigenschaften.

Das erste Hydrat  $\text{FoH}$  ist eine farblose, wasserhelle, schwach rauchende Flüssigkeit, welche aus der Luft Wasser anzieht, von höchst durchdringendem Geruch und 1,235 specifischem Gewicht, welche bei  $0^\circ$  in breiten glänzenden Blättern krystallisirt und bei  $100^\circ \text{C.}$  siedet. Der Dampf läßt sich entzünden und brennt mit blauer Flamme. Sie läßt sich mit Wasser und Alkohol in jedem Verhältnisse verdünnen, röthet Lackmus und wird durch concentrirte Schwefelsäure in Wasser und Kohlenoxyd zerlegt.

Setzt man ihr so viel Wasser zu, als sie schon enthält ( $20\%$ ), so erhält man das zweite Hydrat  $\text{FoH}_2$ , welches bei  $-15^\circ \text{C.}$  noch nicht erstarrt, bei  $106^\circ$  siedet und ein specifisches Gewicht von 1,110, sonst aber die nämlichen Eigenschaften wie das erste Hydrat hat.

## Salze.

Die Ameisensäure übertrifft in ihrer Verwandtschaft zu den Metalloxyden die Essigsäure. Man erhält die ameisensauren Salze oder **Formiate** durch Sättigung der entsprechenden Basen mit Ameisensäure. Sie sind sämmtlich in Wasser und, bis auf das Bleioxydsalz, auch in Weingeist löslich. Die alkalischen zersetzen sich in der Wärme unter Schwärzung und Entwicklung brennbarer Gase in kohlensaure Salze, die übrigen hinterlassen unter Entwicklung von Kohlensäure, Kohlenwasserstoff und Wasser ein Gemenge von Kohle mit Metalloxyd oder reines Metall. Electronegative Metalle werden in ihrer Auflösung durch die ameisensauren Salze reducirt, indem sich die Ameisensäure in Kohlensäure verwandelt.

## Ausmittelung

Man erkennt die Ameisensäure im freien Zustande oder beim Übergießen ihrer Salze mit concentrirter Schwefelsäure an ihrem eigenthümlichen Geruch und an der Reduction von Silber- und Quecksilbersalzen, wenn man sie damit erwärmt. (Vgl. auch Essigsäure).

## Anwendung.

Die medicinische Wirksamkeit der Ameisensäure bei ihrer Anwendung zu Bädern und des Ameisenspiritus zu Einreibungen, macht besonders die große Polzameise (*Formica rufa*), abgesehen von der Benutzung ihrer Puppen, der sogenannten Ameisen Eier, als gesuchtes Nachtigallenfutter, zu einem nicht ganz unwichtigen Gegenstand der Forstbenutzung, da der aus künstlich dargestellter Ameisensäure bereitete Ameisenspiritus den aus Ameisen bereiteten nicht wohl ersetzen kann, weil ersterer nicht bloß des flüchtigen Öls der Ameisen entbehrt, sondern auch einen fremdartigen Nebengeruch

befigt, indem er neben Ameisensäure auch noch andere Produkte (brenzlige Weinsäure?) enthält.

### Dralsäure.

Die Dralsäure, Sauerkleesäure oder Kleesäure  $\text{O}$  oder  $\bar{\text{E}}$  (*Acidum oxalicum*), kommt in freiem Zustande nur selten in Pflanzensäften vor, namentlich denen der Crassulaceen, Ficoideen, Cacteen *ic.*, in den Haaren der Ruchererbse (*Cicer arietinum*), woraus sie nach und nach herauskriecht, wenn die Spitzen derselben abgeschnitten worden sind. Gewöhnlich kommt sie als Salz vor, mit Eisenoryd im Mineralreiche als Dralit oder Eiseneresin in der Moortohle, als saures Kalisalz in sehr vielen Pflanzen, besonders reichlich in den Gattungen *Oxalis* und *Rumex*, als Natronsalz in den Sodapflanzen, als neutrales Kalisalz in verschiedenen Wurzeln, wie *Rhabarber*, *Tormentill*, *Bistorta*, *Gentiana*, *Saponaria*, *Rumerarten*, in verschiedenen Rinden und krustenartigen Flechten, in Pilzen *ic.* Der Kleesäure Kalk ist ferner ein Bestandtheil von thierischen Blasensteinen.

Dralsäure.  
Vorkommen.

Man erhält die Dralsäure aus doppeltoralsäurem Kali (Sauerkleesalz) durch Neutralisiren desselben mit kohlensaurem Kali, Fällen durch essigsaures Bleioryd, Zersetzen des wohl ausgewaschenen und getrockneten oxalsäuren Bleioryds mit  $\frac{1}{3}$  seines Gewichts Schwefelsäure, die man mit 10 Theilen Wasser verdünnt, Abdampfen und Krystallisiren. Ferner erhält man die Säure durch Kochen von 1 Th. bei  $100^{\circ}$  C. getrocknetem Zucker mit 8,25 Salpetersäure von 1,38 specifischem Gewicht, Abdampfen und Krystallisiren (58—60% Dralsäure vom Gewichte des angewendeten Zuckers). Gewöhnlich erhält man die Dralsäure auf letztere Weise als Nebenprodukt bei der Fabrikation der englischen Schwefelsäure, indem man die dabei entwickelte salpetrige Säure zur Drydation der schwefligen Säure benützt. Frei von Salpetersäure wird sie jedoch auf diesem Wege nur, wenn man sie an einem mäßig warmen Orte verwittern läßt, wieder in Wasser auflöst und krystallisirt.

Darstellung.

Die Dralsäure krystallisirt mit 3 Atomen (42%) Wasser in farblosen schiefen rhombischen Säulen, welche in trockener Luft unter Zerfallen 2 Atome Wasser verlieren, das dritte Atom aber erst durch Verbindung mit Basen. Sie löst sich in 8 Theilen kaltem und 1 Theil kochendem Wasser und 4 Th. Weingeist, schmeckt stark sauer, hat aber keinen Geruch, röthet Lackmus und wirkt in größeren Quantitäten giftig. Bei  $98^{\circ}$  C. schmilzt sie, sublimirt sich bei stärkerer Hitze in offenen Gefäßen als  $\bar{\text{E}}\text{H}$  in spießigen Krystallen, bei raschem Erhitzen wird sie bei  $+155^{\circ}$  C. unter Kochen in Kohlenäure, Kohlenoryd, Wasser und Ameisensäure zerlegt. Mit rauchender Schwefelsäure erwärmt, liefert sie Kohlenäure und Kohlenorydgas ohne Abscheidung von Kohle. Von Salpetersäure von 1,38 wird sie im reinen Zustande auch beim Kochen nicht zerlegt. Stärkere Salpetersäure zerlegt sie in Kohlenäure und Wasser unter Bildung von salpetriger Säure.

Eigenschaften.

**Salze.** Sie bildet mit den Basen Neutralsalze, in denen sich der Sauerstoff der Basis zu dem der Säure verhält, wie 1 : 3 und saure = 1 : 6 und 1 : 12. Diese sauerklee-sauren Salze, *Dralsate* der Alkalien, sind in Wasser löslich, alle übrigen nicht oder schwer löslich, vorzüglich das Kaltsalz. Die oxalsauern Salze zeichnen sich dadurch aus, daß sie beim Erhitzen nicht verkohlen. Die Salze der leicht reducirbaren Dryde liefern beim Erhitzen Kohlensäure und regulinisches (freies) Metall, die der schwer reducirbaren werden unter Entwicklung von Kohlenoxyd in kohlensaure Salze verwandelt.

**Ausmittlung.** Die Dralsäure läßt sich leicht als solche erkennen, da sie sowohl im freien, als gebundenen Zustand aus ihren Lösungen von Gypsauflösung gefällt wird, welche keine der übrigen Säuren (mit Ausnahme der Traubensäure und diese erst nach langem Stehen) trübt. Der Niederschlag unterscheidet sich von kohlensaurem und traubensaurem Kalk durch seine Unlöslichkeit in Essigsäure. Auf Platinblech erhitzt, schmilzt die Dralsäure anfangs in ihrem Krystallwasser und verflüchtigt sich dann ohne alle Verkohlung.

**Anwendung.** Man braucht die Dralsäure in der Chemie als Reagens auf Kalk, den sie noch bei 100,000facher Verdünnung durch eine weiße Trübung anzeigt. Besser eignen sich übrigens hierzu, wegen der Auflöslichkeit des Kalks in freien Mineralsäuren, das oxalsäure Ammoniak, oder statt dessen, wegen seiner Wohlfeilheit, das doppeltoxalsäure Kali oder Sauerklee-salz, welches man entweder wie das erste durch Neutralisation des kohlensauren Alkalis mit Dralsäure oder aus dem Sauerklee erhält, durch Klären des Saftes, indem man ihn mit Blut aufkocht (welches bei seinem Gerinnen die Unreinigkeiten mit niederreißt) und Abdampfen zur Krystallisation. Man benutzt sie oder die erwähnten Salze ferner zur Scheidung des Kalks von Magnesia, indem letztere aus einer mit Chlorammonium zersehten Auflösung nicht, der Kalk dagegen vollständig gefällt wird. Die Dralsäure dient ferner zur Unterscheidung der Goldsalze von den Platinsalzen, da nur erstere, nicht aber letztere davon reducirt und gefällt werden u. Auch in der Rattundruckerei findet sie Anwendung.

### Weinsteinsäure.

**Weinsteinsäure.** Die **Weinsteinsäure** oder **Weinsäure T** (*Acidum tartaricum*), **Tartrysäure T**,  $C_4H_4O_6$  kommt theils frei, theils als saures Kalio-der neutrales Kaltsalz vorzüglich in säuerlichen Fruchtsäften vor. Erstere besonders im Saft der Trauben, woraus es sich bei der Gährung (durch die Bildung von Weingeist) als krystalliferte Incrustirung der Gässer (**Weinstein**) absetzt, ferner in den Maulbeeren, im Sauerampfer, in den Wurzeln von *Triticum repens*, *Leontodon taraxacum*, in den Kartoffeln u., der weinsäure Kalk besonders in der Krappwurzel, in den Knollen des *Helianthus tuberosus*, in den Früchten des Sanddorns (*Hippophaë rhamnoides*).

Man erhält die Weinsteinsäure, wenn man gereinigten Weinstein Darstellung. ( $\text{K}\bar{\text{T}}$ ) in siedendem Wasser auflöst und so lange gepulverte Kreide zusetzt, als noch Aufbrausen erfolgt, wobei neutrales weinsaures Kali in Auflösung bleibt und neutraler weinsaurer Kalk niederschlägt ( $\text{K}\bar{\text{T}}, \text{Ca}\bar{\text{C}} = \text{K}\bar{\text{T}} \text{Ca}\bar{\text{T}}$ ), filtrirt, die durchgegangene Flüssigkeit durch Chlorcalcium zerlegt ( $\text{K}\bar{\text{T}} \text{CaCl} = \text{KCl Ca}\bar{\text{T}}$ ), die erhaltene weinsaure Kalkerde mit der bei der ersten Operation erhaltenen gereinigt und durch 52% vom Gewichte des angewendeten Weinstains mit 4 Theilen Wasser verdünnter Schwefelsäure zerlegt. Man filtrirt dann nach längerer Digestion die schwefelsaure Kalkerde ab und verdampft zur Krystallisation. Über ihre Entstehung bei der Einwirkung von Kali auf Faserstoff vgl. das chemische Verhalten der Schießbaumwolle.

Die Weinsteinsäure bildet große, farblose, schiefe rhombische Säulen Eigenschaften. von stark saurem Geschmack, welche Lackmus röthen und 2 At. Wasser (12%) enthalten, die ganz oder theilweise durch eine oder zwei Basen ersetzt werden können, löst sich in  $1\frac{1}{2}$  kaltem und  $\frac{1}{2}$  Th. siedendem Wasser, auch in Alkohol auf. Sie schmilzt bei etwa  $+120^\circ \text{C.}$  zu einem klaren Syrup, der beim Erkalten zur glasartigen, sehr zerfließlichen Masse, **Tartralsäure** ( $\text{C}_{12}\text{H}_{12}\text{O}_{16} + 2\text{H}$ ) erstarrt, verwandelt sich bei höherer Temperatur in weniger zerfließliche **Tartrelsäure** ( $\text{C}_{16}\text{H}_{16}\text{O}_{20} + 2\text{H}$ ) und bei  $+180^\circ \text{C.}$  in kaum lösliche wasserfreie Weinsäure. Alle diese Säuren gehen in Berührung mit Wasser allmählig wieder in gewöhnliche Weinsäure über. Bis über  $200^\circ \text{C.}$  erhitzt verwandelt sich die Weinsäure unter Bildung von Kohlensäure und Wasser in flüchtige, flüssige, **Brenztraubensäure** und feste **Brenzweinsäure**. Mäßig erwärmte Schwefelsäure verwandelt die Weinsäure gleichfalls in Tartral- und Tartrelsäure, Salpetersäure in Dralsäure. Wässrige Lösungen schimmeln selbst unter Luftabschluß und verwandeln sich allmählig in Essigsäure.

Die weinsteinsäuren Salze, **Tartrate**, sind meistens in Wasser Salze. unauflöslich, nur die der Alkalien sind löslich und von diesen braucht das Kalisalz 184 Theile Wasser von  $20^\circ \text{C.}$  und 18 Th. siedendes, das Natriumsalz aber nur 9 Th. kaltes und 1,8 kochendes, das Ammoniaksalz 2 Th. kaltes und fast sein gleiches Gewicht kochendes Wasser. Die unlöslichen Salze sind häufig in Essigsäure, Weinsteinsäure und weinsteinsäuren Alkalien, sämmtlich in Salpeter- oder Salzsäure löslich. Die Auflösungen derselben werden bald zerlegt, oft unter Bildung von kohlensauren Salzen.

Man erkennt die Weinsteinsäure und ihre Salze auf trockenem Wege Ausmittlung leicht an dem charakteristischen Geruche, welchen sie bei der Zerstörung in höherer Temperatur ausstoßen. Auf nassem Wege ist Kali oder ein auflösliches Salz desselben das beste Reagens auf Weinsäure (weil es damit vermöge der Schwerlöslichkeit des doppeltweinsauren Kali einen krystallinischen Niederschlag bildet), wenn man eine kleine Menge davon der nicht



zu sehr verdünnten Weinsteinsäure zusetzt. Setzt man aber reines oder kohlensaures Kali in größerer Menge zu, so entsteht leicht (in seinem gleichen Gewichte Wasser) lösliches neutrales Kalitartrat und daher keine Reaction, man wendet deshalb besser Chlorkalium oder schwefelsaures Kali dazu an. Bei sehr kleinen Mengen entsteht der Niederschlag oft erst nach 10—15 Minuten, bei 150facher Verdünnung nach einigen Stunden und nimmt 2 Tage lang zu. Die Abscheidung desselben wird durch Schütteln oder Umrühren, auch durch Zusatz von etwas Weingeist beschleunigt. Kaltsalzen in Ueberschuß zugefetzt, gibt sie keinen Niederschlag, weil nur das neutrale Kaltsalz unlöslich, das saure aber leicht löslich ist. Die Weinsteinsäure unterscheidet sich außerdem noch von der Drallsäure, daß sie weder für sich, noch als Salz die Auflösung des schwefelsauren Kalts trübt und der Niederschlag, welchen sie in Kaltwasser hervorbringt, in Essigsäure leicht löslich ist, ferner daß sie sich beim Erhitzen sowohl, als durch concentrirte Schwefelsäure schwärzt.

**Anwendung.** Man benützt die Weinsteinsäure als Reagens auf Kali und dessen Salze, als Ätzebeize in der Rattundruckerei, zur Bereitung von Limonade, Brausepulver etc. Noch häufigere Anwendung finden ihre Salze, namentlich der Weinstein.

**Tranbensäure** Die Tranbensäure oder Paraweinsäure  $\bar{U}$  (Acidum uvicum), welche bis jetzt nur im Weinstein saurer Weine gefunden wurde, ist mit der Weinsäure isomer, hat übrigens auch sowohl im freien Zustande, als in ihren Salzen solche Ähnlichkeit mit der Weinsäure, daß sie nur darin von derselben abweicht, daß sie ( $\bar{U} + 2H$ ) unter Verlust eines Atoms Wasser oberflächlich an sehr trockener Luft verwittert und sich nicht wie Weinsäure in  $1\frac{1}{2}$ , sondern erst in 5,7 Theilen Wasser von  $15^{\circ} C.$  auflöst. Sie fällt eine verdünnte Chlorcalcium- oder eine gesättigte Gypslösung augenblicklich weiß, während dieselben von Weinsäure unverändert bleiben. Durch vorsichtiges Schmelzen im Ölbad verwandelt sie sich in Weinsäure. Sie kann wie diese benützt werden.

### Citronensäure.

**Citronensäure.** Die Citronensäure  $\bar{C}$  (Acidum citricum),  $C_{12}H_{10}O_{11}$ , kommt größtentheils frei vor im Saft von Citrus medica und Aurantium, Prunus Padus und Cerasus, Vaccinium Vitis idaea, Myrtillus und Oxycoccus, Rosa canina, Solanum dulcamara, Ribes Grossularia und rubrum, Crataegus Aria, Fragaria vesca, Rubus idaeus, fruticosus und Chamaemorus, Capsicum annuum, Asarum europaeum, Helianthus tuberosus, Allium Cepa, Isatis tinctoria etc.

**Darstellung.** Man stellt die Citronensäure dar durch Klären des ausgepressten Citronen- oder Johannisbeersaftes mit Eiweiß, Sättigen mit Kreide und Zerlegen des citronensauren Kalts durch Schwefelsäure. Über ihre Entstehung bei der Einwirkung des Kalis auf Faserstoff vgl. das chemische Verhalten der Schießbaumwolle.

Sie bildet mit 5 At. Wasser große farblose, regelmäßige, durchsichtige rhombische, durch 4 Flächen zugespitzte Prismen von sehr saurem, aber angenehmem Geschmack, welche bei  $+ 50^{\circ} \text{C.}$  unter Verlust von 2 At. Wasser verwittern. Die übrigen drei Atome können ganz, oder theilweise durch Basen verdrängt werden. Eine bei  $+ 100^{\circ} \text{C.}$  gesättigte Auflösung von Citronensäure setzt zuerst Krystalle von  $\text{Ci} + 3 \text{H}$  ab; sie können geschmolzen und bis  $+ 100^{\circ} \text{C.}$  erhitzt werden, ohne ihre Mischung zu verändern, oder Wasser zu verlieren. Eigenschaften.

Sie löst sich in  $\frac{1}{4}$  Th. kaltem und  $\frac{1}{2}$  heißem Wasser, weniger in Alkohol, leicht in Äther auf. Salpetersäure zerlegt sie in Drähsäure, Essigsäure und Kohlensäure; Schwefelsäure in Essigsäure und Kohlenoxydgas; die wässrige Auflösung verwandelt sich unter Schimmeln auch bei Luftabschluß in Essigsäure. Wird sie so lange geschmolzen, bis sie gelblich wird, so enthält sie Aconitsäure oder Equisettsäure  $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_8$ , welche schon fertig vorkommt im Aconitum Napellus und Equisetum fluviatile und sich nach dem Sättigen mit kohlensaurem Natron, Abdampfen und Ausziehen mit Alkohol von 0,83 als aconitsaures Natron von der Citronensäure trennen läßt. Durch stärkeres Erhitzen erhält man noch zwei andere Säuren.

Von den citronensauren Salzen, Citraten, welche theils neutral, theils basisch sind, lösen sich die alkalischen leicht auf, die übrigen meist in Wasser nicht, viele aber in Essigsäure, Citronensäure und alkalischen Citraten, alle in Salpetersäure. Sie sind meistens nicht krystallisirbar und erleiden in Auflösung eine Zersetzung. Alle verkohlen beim Erhitzen. Salze.

Die Citronensäure unterscheidet sich von den übrigen organischen Säuren dadurch, daß der Niederschlag von citronensaurem Bleioryd, welchen sie mit essigsaurem Bleioryd bildet, in Ammoniak auflöslich ist und die Auflösung eines neutralen Citrates eine Chlorcalciumauflösung nicht eher trübt, als bis die Flüssigkeit auf  $100^{\circ} \text{C.}$  erhitzt worden ist. Ausmittlung.

Sie wird, wie die Weinsäure, zu kühlenden Getränken, Limonadenpulver, zur Darstellung einiger Salze in der Medicin, Kochkunst, Färberei und Rattundruckerei benutzt. Anwendung.

### Äpfelsäure.

Die Äpfelsäure M (Acidum malicum)  $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$  ist eine der im Pflanzenreiche am meisten verbreiteten Säuren und kommt theils frei, theils an Kali oder Kalk gebunden, theils allein, theils mit Citronen-, Weinsäure- und Drähsäure zusammen vor, und zwar frei in vielen sauer oder säuerlich schmeckenden Früchten und Pflanzensäften, namentlich in sauren Äpfeln, Schlehen, Berberisbeeren, Vogel-, Flieder-, Johannis-, Stachel-, Erd-, Him-, Heidel-, Brom-, Preußel- und Moosbeeren, in den Beeren verschiedener Solanumarten, in den Kirschen und Pflaumen, in den Deckblättern der Haselnüsse, in der Calendula officinalis; an Kali und Kalk gebunden, besonders im Hauslauch, Portulak &c. Äpfelsäure.  
Vorkommen.

**Darstellung.** Man erhält die Äpfelsäure am leichtesten aus dem geklärten Saft der Vogelbeeren (*Sorbus aucuparia*) durch Fällen mit essigsaurem Bleioryd und allmähliges Eintragen des Niederschlags in siedendes Wasser; man filtrirt kochend, es setzen sich dann beim Erkalten mattweiße, fettglänzende Schuppen von äpfelsaurem Bleioryd ab, man zersetzt dasselbe durch Schwefelwasserstoff, sättigt die Hälfte der Flüssigkeit mit Ammoniak und setzt dann die andere Hälfte zu, um ein saures Ammoniak Salz zu bilden, das man durch wiederholte Krystallisation reinigt, wieder durch essigsaures Bleioryd zersetzt und das entstandene äpfelsaure Bleioryd durch Schwefelwasserstoff zur Krystallisation abdampft.

**Eigenschaften.** Die Äpfelsäure krystallisirt in Körnchen oder blumenthohlförmig gruppirten Blättchen mit 2 At. Wasser, zerfließt an der Luft, schmeckt stark sauer, ist geruchlos, löst sich leicht in Wasser und Alkohol und röthet stark die Lackmusfarbe. Die wässerige Lösung zersetzt sich unter Schleim- und Schimmelbildung. Durch Salpetersäure wird sie in Oxalsäure verwandelt, Schwefelsäurehydrat zersetzt sie unter Entwicklung von brennbarem Gas und einer stechend sauren Flüssigkeit. Längere Zeit einer Temperatur von  $130-140^{\circ}$  C. ausgesetzt, schmilzt sie zuerst, nach einiger Zeit bilden sich aber kleine Krystallblättchen in der Flüssigkeit, welche allmählig so zunehmen, daß ein krystallinischer Brei oder eine trockene Masse übrig bleibt, aus welcher kaltes Wasser Äpfelsäure auszieht, die wieder so behandelt werden kann. Der schwerlösliche Rückstand ist Fumarsäure  $C_4H_2O_4 + H$ , welche schon fertig vorkommt im Erdbauch (*Fumaria officinalis*) und im isländischen Moos (*Cetraria islandica*), in 200 Theilen kaltem Wasser löslich und bei  $+300^{\circ}$  C. flüchtig ist, von Salpetersäure zersetzt wird und beim Erhitzen in Wasser und Maleinsäure  $C_4H_2O_4$  zerfällt, welche mit Aconitsäure isomer ist.

**Salze.** Die Äpfelsäure bildet mit den Basen neutrale und saure Salze, Malate, welche meist in Wasser auflöslich und häufig unkrystallisirbar sind. Die schwer auflöslichen sind in freier Äpfelsäure löslich. Die neutralen sind meist in Alkohol unauflöslich und werden daher davon aus der wässerigen Lösung gefällt. Die wässerige Lösung zersetzt sich bald, und zwischen  $+250$  bis  $300^{\circ}$  C. verwandeln sich alle Alkalien und alkalischen Erdsalze in fumar saure Salze.

**Zuermittelung** Die Äpfelsäure wird, wie die Citronensäure, von Kalkwasser nicht präcipitirt, unterscheidet sich aber von dieser, daß sie auch in der Siedhige nicht davon gefällt wird, während Citronensäure mit überschüssigem Kalkwasser gekocht, einen deutlichen Niederschlag gibt. Vor allen übrigen organischen Säuren zeichnet sie sich aber dadurch aus, daß ihr Weisalz in warmem Wasser zur fadenziehenden Masse schmilzt und sich in kochendem auflöst; auch bläht sich die unreine Säure und ihre Salze auffallend beim Erhitzen auf unter Zurücklassung einer voluminösen Kohle.

**Anwendung.** Die Äpfelsäure findet außer der medicinischen Anwendung eines Eisensalzes keine technische Benutzung.

## Bernsteinsäure.

Die Bernsteinsäure  $\bar{S}$  (*Acidum succinicum*)  $C_4H_4O_4$ , Succinylsäure  $\bar{S}c$  findet sich im Bernstein, im französischen und venetianischen Terpent in geringer Menge, auch in der Braunkohle von Muskau, in sehr kleiner Menge (2 Gran in 100 Pfund) im Bermuth, mehr (28 Gran in 100 Pfd.) in der *Lactuca virosa* und (122 Gran in 100 Pfd.) in der *Lactuca sativa*, auch in den Kartoffeln. Sie entsteht durch Dry-  
 dation von Talg- und Margarinsäure, Bienenwachs, japanischem Wachs, Balrath und wahrscheinlich aller Fettarten mittelst Salpetersäure. Bernstein-  
säure.  
Vorkommen.

Man erhält die Bernsteinsäure durch trockene Destillation des Bern-  
 steins, besonders unter Zusatz von Schwefelsäure (2 Loth aus 1 Pfund),  
 Absonderung der Flüssigkeit von den öligen Theilen durch ein zuvor be-  
 feuchtetes Filter, Entfärbung der ersteren durch Thierkohle und Abdampfen  
 zur Krystallisation. Darstellung.

Das Bernsteinsäurehydrat  $\bar{S}H$  krystallisirt in geruch- und farblosen  
 Blättern oder Tafeln, oder in dreiseitigen oder rechtwinkligen Prismen  
 mit aufgesetzten Octaëderflächen. Es hat einen sauren Geschmack, löst sich  
 in 5 Theilen kaltem und 2 Theilen kochendem Wasser, auch in Äther und  
 Alkohol, schmilzt in der Hitze und sublimirt, ohne einen Rückstand zu las-  
 sen, bei  $+ 140^\circ C.$  unter Wasserverlust als  $\bar{S}_2H$ ; wenn es so lange de-  
 stillirt wird, bis sich im Retortenhals kein Wasser mehr verdichtet, so er-  
 hält man es wasserfrei. Die Bernsteinsäure wird weder durch Schwefel-,  
 noch durch Salpetersäure verändert. Eigenschaften.

Von den bernsteinsäuren Salzen, Succinaten, sind viele in Salze.  
 Wasser unauflöslich. Auflöslieh sind die der Alkalien, des Kalte, der  
 Magnesia, des Mangans und des Zinkoxyds. Die unauflösliehen werden  
 gewöhnlich durch heißes Wasser in saure auflösliehe und in basische unauflösliehe  
 verwandelt. Von Essigsäure werden viele, von Mineralsäuren alle  
 und leicht aufgelöst.

Man erkennt die nicht völlig von brenzlichem Bernsteinöl freie Säure  
 leicht an ihrem Geruch, die reine aber sowohl, als die unreine, daran,  
 daß sie neutrale Eisenoxydsalze rothbraun fällt, während Benzoesäure die-  
 selben bräunlichweiß niederschlägt. Der Präcipitat ist in vieler Bernstein-  
 säure wenig, in Essigsäure ziemlich leicht, in Salzsäure noch leichter lös-  
 lich. Sie unterscheidet sich ferner von der Benzoesäure durch ihre Leicht-  
 löslichkeit und dadurch, daß sie in concentrirter Lösung von Chlorbaryum  
 einen schwachen Niederschlag gibt, die Benzoesäure aber keinen. Vgl. auch  
 Benzoesäure S. 188. Ausmittlung

Die Bernsteinsäure wird in der Medicin angewendet, in der Chemie  
 dient sie zur Scheidung der Eisensalze von Mangansalzen, indem erstere  
 von bernsteinsäurem Ammoniak aus neutralen Lösungen gefällt werden,  
 während letztere gelöst bleiben. Anwendung.

## Benzoesäure.

Benzoesäure.  
Vorkommen.

Die Benzoesäure  $\bar{B}$  (Acidum benzoicum)  $C_{11}H_{10}O_2$ . Benzoylsäure  $\bar{B}$  kommt, gewöhnlich von einem wohlriechenden flüchtigen Öl begleitet, vor im Benzoeharz (bis 18,5%) und in vielen anderen Harzen, Balsamen und Gewürzen, wie Drachenblut, Myrrhe, Zimmt, Cassia, Zimmtblüten, Gewürznelken, Mutternelken, Vanille, Majorantraut, Anis, Kalmus- und Alantwurzel. Die im flüssigen Storax, wie im Peru- und Tolubalsam vorkommende Säure, ist nach Simon nicht, wie nach der früheren Annahme, Benzoe-, sondern Zimmtsäure<sup>1)</sup> und die angebliche Benzoesäure in Melilotus officinalis, Anthoxanthum odoratum und wahrscheinlich auch in Holcus odoratus und andern wohlriechenden Gräsern hat sich später als eine Art Campher (Eumarin) erwiesen.

Sie bildet sich bei der freiwilligen Drydation des Bittermandelöls an der Luft, bei der Einwirkung der Salpetersäure auf Anis-, Fenchel- und Zimmtöl und bei der trockenen Destillation des Talgs.

Darstellung.

Man erhält sie, wenn man weingeistige Benzoeharzauflösung durch wässrige mit Alkohol versetzte Auflösung von kohlensaurem Natron neutralisirt, den Weingeist abdestillirt, die Lösung des benzoësauren Natrons vom ausgeschiedenen Harze abgießt, die Benzoesäure durch Schwefelsäure daraus fällt und sie dann sublimirt.

Eigenschaften.

Sie bildet weiße, perlmutterglänzende Blättchen und Nadeln ( $\bar{B}H$ ), riecht gewöhnlich von anhängendem flüchtigen Öl nach Benzoeharz, im vollkommen reinen Zustande ist sie geruchlos, sie besitzt einen schwachsäuerlichen, stechenden und lange anhaltenden Geschmack, röthet schwach Lackmus, schmilzt bei  $+120^\circ C.$  und läßt sich bei  $+239^\circ$  unverändert sublimiren; ihr Dampf erregt Husten und Thränen. Sie löst sich in 200 kaltem und 25 kochendem Wasser, in 1,8 kaltem und weniger als gleichen Theilen kochendem Alkohol, auch in Äther, ätherischen und fetten Ölen. Sie wird durch Kochen mit verdünnter Salpetersäure und durch Chlor nicht verändert, durch rauchende Salpetersäure dagegen in eine harzähnliche Masse von gelber Farbe und bitterem Geschmack verwandelt. Von concentrirter Schwefelsäure wird sie aufgelöst und durch Wasser wieder daraus gefällt.

Liebig betrachtet das Radical der Benzoesäure (Benzoyl) als  $C_{11}H_{10}O_2$ . Es ist zwar noch nicht gelungen, dieses Benzoyl für sich darzustellen, wohl aber dessen Sauerstoff durch Wasserstoff, Schwefel oder ein Haloid zu ersetzen. Der Benzoylwasserstoff ist das Bittermandelöl, welches man auch durch Destillation aus bittern Mandeln erhält.

Salze.

Die benzoësauren Salze, Benzoate sind nur zum Theil in Wasser auflöslich. Die unauflöslichen Metallorydsalze werden häufig durch

1) Diese unterscheidet sich von der Benzoesäure leicht, daß sie sich aus der Lösung in concentrirter Salpetersäure, welche nach Bittermandelöl riecht, durch Wasser nicht so vollständig ausfällen läßt wie Benzoesäure und daß sie bei der Destillation mit Salpetersäure Bittermandelöl bildet.

heißes Wasser in saure auflösliche und basische unauflösliche zerlegt. Die Auflösungen werden durch die meisten anderen Säuren, unter Abscheidung der Benzoesäure zerlegt. Dasselbe geschieht bei den unlöslichen Salzen, wenn das Metalloryd mit der zugesetzten Säure ein lösliches Salz bildet.

Man erkennt sie im unreinen Zustande an dem benzoëharzähnlichen Geruch, welchen aber auch die reine Säure bei gelindem Erwärmen entwickelt. Ausmittlung Eisenorydsalzlösungen, welche mit so viel Ammoniak versetzt wurden, daß sie ihre saure Reaction verlieren, ohne einen Niederschlag zu bilden, geben mit benzoësauren Alkalien einen bräunlichweißen Niederschlag, während der auf dieselbe Weise mit bernsteinsauren Alkalien erhaltene Niederschlag eine rothbraune Farbe besitzet. Bei Ueberschuß von Ammoniak wird er indessen braungelb. Nur der letztere ist in Wasser ganz unlöslich, während sich der weißliche beim Waschen, namentlich mit heißem Wasser zerlegt in ein saures lösliches und in das braungelbe unlösliche, basische Salz. Sie unterscheidet sich von der Bernsteinsäure vorzüglich dadurch, daß sich der Eisenniederschlag der ersten in Salzsäure ohne Rückstand, der der Benzoesäure aber mit Hinterlassung eines weißen Niederschlags (der in Wasser schwerlöslichen freien Benzoesäure) auflöst.

Man benutzt bisweilen das benzoësaure Ammoniak oder Natron zur Anwendung. Scheidung des Eisenoryds von Mangan, Nickel und Zink, welche letztere von benzoësauren Alkalien nicht gefällt werden, doch darf keine Thonerde oder andere Erden vorhanden sein, weil diese mit Benzoesäure ähnlich dem Eisenoryd sehr schwerlösliche Salze bilden.

### Gerbsäure.

Die Gerbsäure, früher Gerbstoff, Tannin genannt (*Acidum tannicum*), kommt vor in der Rinde, in den Zweigen und Blättern der meisten Bäume, besonders reichlich und sehr rein in den durch den Stich mancher Insekten entstehenden krankhaften Auswüchsen der Blätter und Blattstiele (wie die Galläpfel), im Holze der Sträucher und Stämme, in perennirenden Wurzeln einjähriger Pflanzen, in den Schalen der Früchte und Samen, in den Scheidewänden der ersteren, in den Hüllen der Hülsenfrüchte und der rothen Weintrauben, in mehreren fleischigen und in unreifen Früchten u. in verschiedener Menge je nach dem Alter — junge Pflanzen und Pflanzentheile enthalten mehr als alte —, nach dem Boden, nach der Jahreszeit — zur Zeit des Laubausbruches am meisten, im Winter am wenigsten —, auch in kalten Frühjahren weniger, als in warmen. Die innere Lage der Rinden enthält die größte Menge Gerbsäure. Gerbsäure.  
Vorkommen.

Über die Menge der in den verschiedenen Pflanzentheilen enthaltenen Gerbsäure haben Higgins und Davy Versuche angestellt, allein auch die vom letzteren gemachten Angaben sind nicht als genau zu betrachten, weil man zur Zeit, wo die Versuche angestellt wurden, die Gerbsäure nach der Menge eines mit Leimauflösung erhaltenen Niederschlags bestimmte. Nach Davy enthalten folgende Pflanzentheile die beistehenden Procente an Gerbstoff und Extraktivstoff:

	Gerbstoff	Extrakt
Ganze Birkenrinde . . . . .	1,66	—
„ Leichenrinde, im Herbst geschält . . . . .	1,66	—
„ Koffkastanienrinde . . . . .	1,67	—
„ Buchenrinde . . . . .	2,08	—
„ Weidenrinde . . . . .	2,28	—
„ Ahornrinde (Pseudoplatanus) . . . . .	2,28	—
„ Ulmenrinde . . . . .	2,70	—
„ Haselrinde . . . . .	2,91	—
„ Italienische Pappelrinde . . . . .	3,125	—
„ Espenrinde (Zitterpappel) . . . . .	3,33	—
„ Schwarzdornrinde . . . . .	3,33	—
„ Kastanienrinde . . . . .	4,37	11,04
„ Eichenrinde, im Herbst geschält . . . . .	4,37	—
„ „ „ Frühjahr „ . . . . .	6,04	12,7
„ Leicester-Weidenrinde, von großem Buchs . . . . .	6,87	14,8
Mittlere gefärbte Rinde vom edlen Kastanienbaum . . . . .	2,916	8,54
„ „ „ der Leicester-Weide . . . . .	3,33	7,08
„ „ „ von Eichen . . . . .	3,95	8,96
Innere weiße Rinde vom edlen Kastanienbaum . . . . .	13,12	18,54
„ „ „ von alten Eichen . . . . .	15	22,5
„ „ „ „ jungen „ . . . . .	16	23,12
„ „ „ der Leicester-Weide . . . . .	16,459	24,37
Grüner Thee . . . . .	8,54	—
Souchongthee . . . . .	10,0	—
Sicilianischer Sumach . . . . .	16,25	34,37
Malagischer Sumach . . . . .	16,47	33,5
Galläpfel . . . . .	26,45	37,5
Tormentillwurzel nach Sprengel . . . . .	34,0	—
Catechu von Bengalen . . . . .	48,12	—
„ „ Bombay . . . . .	54,37	—

Müller erhielt nach dem von ihm ausgemittelten, unten angegebenen Verfahren, die Gerbstäure zu bestimmen, folgende Resultate <sup>1)</sup>, wobei die nach seiner Methode erhaltenen Procente mit a und die nach der älteren mittelst Leimauflösung erhaltenen mit b bezeichnet sind:

	a	b
Fichtenrinde eines 80' hohen Stammes von Sandboden . . . . .	2,75	2,66
Weidenrinde 30 jähriger Stämme . . . . .	3,08	3
Weidenrinde 1 jähriger Zweige . . . . .	3,6	3,55
Tannenzrinde 1 jähriger Zweige einer alten Tanne auf Thonmergelboden . . . . .	4,25	4
Eichenrinde einer 80—100 jährigen Eiche . . . . .	4,49	—

1) Archiv d. Pharm. 38. S. 121—152 u. 266—280; pharm. Centralbl. 1844. S. 651.

	a	b
Fichtenrinde 2jähriger Zweige . . . . .	5	4,91
Eichenrinde 1jähriger Zweige einer alten Eiche . . . . .	5,73	5,58
Tannenzrinde eines 30' hohen Stammes auf Marschboden . . . . .	6	5,83
Eichenrinde von 2 — 3 jährigen Stämmen . . . . .	11	10,5.

Verschwindend gering ist der Gerbstoffgehalt in der Eichenrinde und den schotenfrüchtigen Hölzern, wie Robinia, Caragana &c. Die Kiefer- und Lärchenbaumzapfen enthalten nach den Beobachtungen des Gerber Corniquel in Bannes <sup>1)</sup> fast ebenso viel Gerbstoff als ein gleiches Volumen Eichenrinde, die Früchte anderer Nadelhölzer dagegen um  $\frac{1}{5}$  weniger. Dieser Gerbstoff hat dieselbe Beschaffenheit und Anwendbarkeit als der der Eichenrinde, nur erfordert das Gerben damit etwa  $\frac{1}{5}$  Zeit mehr als mit letzterem, dagegen verhalten sich aber auch die Preise, wie 1 : 5. Die Lärchenrinde enthält nach Hoop <sup>2)</sup> im trockenen Zustande 4,726 % Gerbstoff, während er die Eichenrinde von 5,189, also nur 0,463 % weniger fand, im feuchten Zustande enthalte erstere 3,807 %, da sie aber nicht den Extraktivstoff wie die Eichenrinde enthält, so eignet sie sich auch nur zum Gerben von Kalb-, nicht aber von Söhlleder. Nach Stenhouse wird sie übrigens, obgleich sie kein sonderliches Leder liefert, in Schottland sehr häufig zum Gerben benutzt.

Da die Gerbsäure mit Auflösungen von Eisenorydsalzen theils blauschwarze, theils graugrüne Niederschläge bildet, während die Flüssigkeiten theils blau, theils grün erscheinen, so hat man eisenbläuernde und eisengrünende Gerbsäure unterschieden. Indessen hat Cavallius nachgewiesen, daß man durch gewisse Zusätze, wie unten gezeigt werden soll, willkürlich die blaue oder die grüne Färbung hervorrufen könne. Sowohl die ursprünglich blau, als die grün färbende Gerbsäure zeigt je nach ihrer Abstammung aus verschiedenen Pflanzen ein ziemlich verschiedenartiges chemisches Verhalten, worin besonders die Gerbsäure der Galläpfel nach den Untersuchungen von Stenhouse eine mit der des Sumachs übereinstimmende Abweichung von allen übrigen Gerbsäuren darbietet, indem sich nur diese beiden in Gallussäure umwandeln lassen.

Unter der eisenbläuernden Gerbsäure, gewöhnlicher Eichen gerb- Eichen-  
gerb-  
säure.  
Vorkommen.  
säure genannt Qt (Acidum quercitannicum)  $C_{12}H_{10}O_6$ , versteht man gewöhnlich diejenige, welche in den Galläpfeln, durch den Stich der Gallwespe am Blattstiele verschiedener Eichen, wie Quercus Cerris, Q. Aegilops, Q. austriaca, Q. pedunculata, entstehenden Auswüchsen <sup>3)</sup>, in den Knoppeln oder Ederbuppen, Valoneae, den durch den Stich der Gallwespe

1) Moniteur industriel und bavon sächs. Gewerbbzl. 1844. Nr. 70. S. 395.

2) Vortrag in der Versammlung deutscher Land- und Forstwirthe in Brunn, Bedekind's neue Jahrbücher der Forstkunde, Heft 20, und daraus allgem. Forst- und Jagdzeitung. 1841. S. 303.

3) Die bei uns an den Eichenblättern entstehenden Gallen enthalten kaum mehr Gerbsäure als das Blatt.



entarteten Eichelkelchen von *Quercus Robur* und *Q. Cerris* in Ungarn, Slavonien, Croatien und Dalmatien, im Sumach oder Schmach, den getrockneten Blättern und Blattstielen des Serbersumachs, *Rhus coriaria* in Sicilien, Spanien, Portugal und Südfrankreich und von *Rhus Cotinus* aus Ungarn und Illyrien, ferner in den Zweigen und Blättern der Heidelbeere, in den Rinden der Eichen, Weiden, Birken, Buchen, Kastanien etc. vorkommt, obgleich die eigentliche, nämlich aus der Eichenrinde erhaltene Eisengerbsäure nicht unwesentlich und namentlich darin von der Galläpfelgerbsäure abweicht, daß sie nicht wie diese und die Sumachgerbsäure <sup>1)</sup> in Gallussäure übergehen kann. Berzelius nennt deshalb die Gerbsäure der Galläpfel und des Sumachs Gallusgerbsäure, *Acidum gallotannicum* (die Gallussäure *Acidum gallitanicum*) und die der Eichenrinde Eichengerbsäure.

Darstellung.

Um die Gerbsäure zu erhalten, verstopft man einen engen, langen, oben verschließbaren Trichter (s. S. 58) unten locker mit Baumwolle, bringt darüber Galläpfelpulver, begießt dasselbe mit wasserhaltigem d. h. nicht über *Chlorcalcium rectificirtem Aether* und steckt den Trichter auf eine Flasche. Die Gerbsäure der Galläpfel entzieht dem Aether das Wasser, zerfließt damit und rinnt mit dem nun entwässerten Aether, der in diesem Zustande nur Spuren von Eichengerbsäure zu lösen vermag, in die Flasche, worin bald zwei Flüssigkeitsschichten entstehen. Die untere, gewöhnlich schwach gelblich gefärbte, ist eine concentrirte reine Eichengerbsäurelösung, die oberste Aether, welcher etwas von den Bestandtheilen der Galläpfel aufgelöst enthält. Man trennt beide Lösungen durch einen Scheibetrichter und verdunstet die Lösung der Gerbsäure über Schwefelsäure unter der Glocke der Luftpumpe und gewinnt den Aether fast ohne Verlust durch Abdestilliren wieder.

Aus keiner der vielen anderen gerbsäurehaltigen Substanzen ist es bisher noch gelungen, reine Gerbsäure darzustellen. Im unreinen Zustande, von bräunlichgelber Farbe erhielt sie Stenhouse aus Sumach, indem er einen mit wenigem kalten Wasser bereiteten Auszug desselben mit etwa seinem halben Volum Schwefelsäure fällte.

Über Darstellung einer künstlichen Gerbsäure vgl. unten Quellsäure.

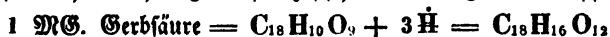
Eigenschaften.

Die aus Galläpfeln erhaltene Gerbsäure ist eine farblose, fast durchsichtige, nicht krystallisirbare Substanz, die durch Fällung mit Schwefelsäure erhaltene Gerbsäure des Sumachs, der Knopperrn, des grünen und schwarzen Thees ist gelb bis bräunlich gefärbt, die der Eichenrinde rothbraun, die der Ratterwurz (*Polygonum bistorta*), der Tormentillwurzel, Lerchen-, Birken- und Erlenrinde bildet eine hellgelbe Auflösung, die an der Luft roth wird. Die Gerbsäure besitzt einen rein zusammenziehenden Geschmack ohne Bitterkeit, keinen Geruch und röthet Lackmus stark. Sie wird an der Luft nicht feucht, läßt sich leicht pulvern, wird bald gelb an der Luft, schmilzt beim Erhitzen unter Aufblähung und verbrennt ohne Rückstand. Bei 215° C. zerfällt sich die Gerbsäure der Galläpfel und des

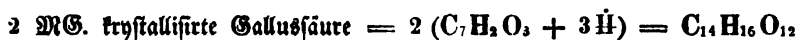
1) Auch die Gerbsäure von *Rhus Toxicodendron* besitzt nach Aschoff die Eigenschaft, sich in Gallussäure umzuwandeln.

Sumachs wie die Gallussäure in Kohlensäure, Pyrogallussäure und Metagallussäure. Sie löst sich in 3 Theilen kaltem und noch weniger warmem Wasser, auch in Weingeist; in absolutem Alkohol nur in der Wärme und in dem Zustande, wie man sie beim Eintrocknen einer wässrigen Auflösung erhält, sehr wenig in Äther. Einer gallussäurehaltigen Auflösung der Gerbsäure in Äther wird durch Wasser alle Gerbsäure entzogen, während die Gallussäure im Äther gelöst bleibt. In fetten und ätherischen Ölen ist sie unauflöslich.

Die Auflösung der Gerbsäure wird gefällt von Leim, Eiweiß, Käsestoff, Pflanzenalkalien, thierischer Haut und von manchen Säuren, namentlich Schwefelsäure, welche eine in Wasser und Weingeist lösliche, in überschüssiger Schwefelsäure dagegen unlösliche Verbindung damit bildet. Von Salpetersäure wird die Gerbsäure Anfangs gefällt und dann unter Bildung von Draksäure zersetzt. Auch Salz-, Phosphor- und Arseniksäure fällen sie aus concentrirten Lösungen. Wird der mit Schwefelsäure erhaltene Niederschlag noch feucht in kochende sehr verdünnte Schwefelsäure gebracht, so verwandelt er sich in Gallussäure. Ein verdünnter wässriger Galläpfelauszug verwandelt sich bei Luftabschluß ohne Gasentwicklung gleichfalls in Gallussäure, bei Luftzutritt auch eine concentrirte Flüssigkeit unter Kohlensäureentwicklung, oft unter gleichzeitiger Bildung von Ellagsäure (der Name ist durch Umkehrung des französischen Wortes galle Gallapfel gebildet).



Aus der Luft aufgenommen werden



oder



Zugleich entsteht auch bei Luftzutritt brauner Extraktabsatz.

Auch aus der Gerbsäure des Sumachs erhielt Stenhouse nach 5 wöchentlicher Einwirkung der Luft bei + 21° C. Gallussäure.

Die Gerbsäure der übrigen (S. 291 und 292 aufgeführten) gerbstoffhaltigen Substanzen scheint sich, obgleich sie ursprünglich fast immer von etwas Gallussäure begleitet ist, auf diese Weise ebensowenig als durch Behandlung mit Schwefelsäure in Gallussäure umwandeln zu können. Wenigstens erhielt ich bei 5 monatlichem Stehenlassen eines stets feucht erhaltenen Eichenrindenauzugs unter den angegebenen Verhältnissen keine Spur von Gallussäure. Die Gerbsäure der Eichenrinde kommt auch schon ursprünglich ganz frei von Gallussäure vor, während die meisten übrigen Arten der Gerbsäure nach Stenhouse etwas davon enthalten, obgleich sie sich künstlich, wenigstens durch Schwefelsäure, nicht in Gallussäure umwandeln lassen.

**Salze.** Die Verwandtschaft der Gerbsäure zu den Basen ist gering, doch vermag sie die Kohlen Säure aus den alkalischen Carbonaten auszutreiben. Die gerbsauren Salze, Tannate des Kali, Ammoniak und Baryt sind in kaltem Wasser schwer löslich, leichter in heißem. Weit leichter löst sich das Natronsalz, vom Kalk nur das Neutral- und von der Thonerde das saure Salz. Die Tannate der Schwermetalloryde, welche man durch Zersetzung der gerbsauren Alkalien mittelst auflöslicher Metallsalze erhält, sind sämmtlich schwer löslich. Am merkwürdigsten sind die Eisenverbindungen. Mit den Drydulsalzen des Eisens gibt die Gerbsäure keinen Niederschlag; werden beide Lösungen möglichst concentrirt zusammengebracht, so entsteht eine weiße gelatinöse Masse, die sich in Wasser wieder auflöst. Mit Eisenoxyd bildet die Gerbsäure eine schwarze, sich äußerst langsam absetzende Verbindung, welche sich aber nach Zusatz von etwas Alkali unter Zurücklassung einer farblosen Flüssigkeit ablagert. Dieselbe bildet nebst dem gallussauren Eisenoxyd die färbende Substanz der gewöhnlichen schwarzen Schreibtinte. Sehr verdünnte Eisenoxydsalzlösungen werden anfangs ohne Trübung blos dunkelblau gefärbt, lagern aber später dunkle Flocken ab.

Eisen-  
grünende  
Gerbsäuren.

Von den Gerbsäuren, welche die Eisenoxydsalzlösungen nicht blau-schwarz färben und fällen, sondern dunkelgrün, sind vorzüglich die nachstehenden bemerkenswerth.

Chinagerb-  
säure.

Die **Chinagerbsäure** (*Acidum cinchotannicum*), welche in den Chinarinden (*Cinchona*) vorkommt, bildet mit Wasser, Alkohol oder Äther eine bläßgelbe Auflösung von rein zusammenziehendem Geschmack, die wässrige wird an der Luft allmählig rothbraun und setzt beim Abdampfen eine braune unlösliche Substanz ab. Die Gerbsäure des Splintes der Tannen- und Eichenrinde unterscheidet sich von der Chinagerbsäure nur dadurch, daß sie nicht, wie diese, Brechweinsteinauflösung ( $\text{K}\bar{\text{T}} + \text{Sb}\bar{\text{T}}$ ) fällt.

Catechugerb-  
säure.

Die **Catechugerbsäure**  $\text{Mt}$  (*Acidum mimotannicum*)  $\text{C}_{18}\text{H}_{16}\text{O}_8$  findet sich in dem Catechu, dem eingetrockneten Extrakt des Holzes der *Mimosa catechu* in Ostindien. Sie bildet mit Kali nicht wie die Chinagerbsäure eine unauflösliche Verbindung, auch fällt sie die Brechweinsteinauflösung nicht.

Kinogerb-  
säure.

Die **Kinogerbsäure** (*Acidum coccotannicum*) kommt vor in dem sogenannten Kinogummi, dem eingetrockneten Extrakt der *Coccoloba uvifera* auf Jamaika. Sie bildet eine rothe, durchsichtige, in kaltem Wasser schwierig, leichter in kochendem, auch in Alkohol, wenig aber oder gar nicht in Äther lösliche Substanz von rein zusammenziehendem Geschmack. Sie wird von Säuren leichter gefällt, als die vorigen und die entstehende Verbindung ist dann weit weniger löslich als bei jenen.

Vorkommen  
der eisengrün-  
enden Gerb-  
säure.

Außer den genannten Substanzen finden sich eisengrünende Gerbsäuren in der Lärchen-, Tannen- und Fichtenrinde, in der Lormentill- und Farntrautwurzel, im Wasserampfer, in den Hülsen, Kernen und Rämmen der Trauben etc.

Nach den Beobachtungen von Cavallius liefern die eisengrünenden Gerbsäuren mit essigsaurem Eisenoryd blaue Verbindungen und ihre grünen Eisenverbindungen werden durch richtigen Zusatz von essigsaurem Bleioryd und selbst durch vielen Leim blau. Eine Verbindung eisengrünender Gerbsäure mit Bleioryd wird durch schwefelsaures Eisenoryd blau. Eine eisengrünende Gerbsäure in Wasser gelöst und mit Eisenspänen versetzt wird unter Einwirkung der Luft nach einiger Zeit gleichfalls blau. Die auf eine oder die andere Weise erhaltene blaue Farbe geht durch Zusatz von Essigsäure in die grüne über und mit Essigsäure versetzte Eichengerbsäure reagirt auf schwefelsaures Eisenoryd grün, während durch Sättigung mit einer Basis die blaue Farbe wieder erscheint. Überhaupt machen Basen die Eisenorydverbindungen schwarz oder blau, die Säuren aber die schwarzen grün.

Die eisenbläuliche und die grüne Eigenschaft der Gerbsäure lassen sich in einander umwandeln.

Man erkennt die Gerbsäure leicht an ihrem Verhalten zu den Eisenorydsalzen, worin sie jedoch mit der Gallussäure vollkommen übereinstimmt. Die Mittel, sie von letzterer zu unterscheiden, sollen unten bei der Gallussäure angegeben werden.

Ausmittelung

Die Gerbsäure der Galläpfel und des Sumachs geben sich noch insbesondere dadurch zu erkennen, daß sie durch trockene Destillation Pyrogallussäure und durch Behandeln mit kochender verdünnter Schwefel- oder Salzsäure Gallussäure liefern, während diese Eigenschaft den übrigen Gerbsäuren, (wenn sie nicht zuvor schon Gallussäure enthielten) vollständig mangelt.

Nach Pelouze ist es am besten, um die Gerbsäure von der Gallussäure zur quantitativen Bestimmung zu scheiden, wenn man ein Stück roher Thierhaut, welche durch Kalk enthaart ist, nachdem es gut getrocknet und gewogen ist, einige Zeit bei gelinder Wärme in der Flüssigkeit liegen läßt. Aus der Gewichtszunahme der trockenen Haut läßt sich dann, jedoch nur annähernd, der Gerbsäuregehalt der Auflösung bestimmen. Durch Leimauflösung (am besten eine filtrirte Abkochung von Hausenblase in 40 Theilen Wasser) erreicht man nur eine unvollständige Fällung und demnach ein unrichtiges Resultat. Nach Müller's Versuchen besteht die sicherste Methode in der Fällung als Eisenorydverbindung und Berechnung der Gerbsäure aus dem Gewichts-Verluste beim Glühen derselben. Man fällt die etwas alkalisch gemachte Auflösung mit essigsaurem Eisenoryd, filtrirt, wäscht und trocknet den Niederschlag, digerirt ihn fein zerrieben mit verdünnter Kalilauge, bis diese kein gallussaures Eisen mehr auszieht (aus der Lösung kann man das gallussaure Eisen durch Salzsäure fällen und den Niederschlag trocknen und glühen), wäscht darauf den Niederschlag wieder aus, trocknet und glüht. Der Rückstand ist reines Eisenoryd und der Verlust gibt die Gerbsäure an.

Quantitative Bestimmung des Gerbsäuregehalts.

Man kann übrigens auch aus wässerigen Lösungen den Gerbstoff durch Leimlösung fast vollständig fällen, wenn man die Abscheidung des Niederschlags durch Zusatz von Kochsalz befördert. Der Niederschlag wird ausgewaschen, wieder in Wasser zertheilt, durch Kalilauge zerlegt und aus der Auflösung der Gerbstoff wie oben durch essigsaures Eisen niedergegeschlagen.

Das bei  $+ 100^{\circ}$  C. getrocknete gerbsaure Eisenoryd enthält fast genau 60 Gerbstoff und 40 Eisenoryd, wogegen der Leimniederschlag sehr wechselnd zusammengesetzt sein muß. Während nämlich auf 100 Gerbstoff nach Duff 144, nach Mulder 135 Leim kommen, fand Müller nur 66,6, so daß der getrocknete gerbsaure Leim ebenfalls 60% Gerbstoff enthalten würde. Am sichersten ist es, den Leim vor dem Auflösen, so wie seine Auflösung vor und nach dem Verbrauch zur Fällung zu wiegen und die verbrauchte Menge vom Gewichte des Niederschlages abziehen. Natürlich darf nicht mehr zugesetzt werden, als genau zur Fällung hinreicht.

Verwendung.

Man benützt die Gerbsäure im reinen Zustande in der Chemie zur Ausmittlung, quantitativen Bestimmung und Darstellung der Pflanzenalkalien<sup>1)</sup>, als Reagens auf Leim und mit Gallussäure verunreinigt in der Galläpfeltinctur als Reagens auf Eisenverbindungen.

Im reinen Zustande findet die Gerbsäure keine technische Verwendung, desto ausgebehnter ist aber ihre Anwendung im unreinen Zustande als Abkochung der verschiedenen gerbsäurehaltigen Pflanzenstoffe. In der ersteren benützt man sie als zusammenziehendes und stätkendes (tonisches) Mittel. Ihre Eigenschaft, mit der Thierfaser elastische und der Fäulniß widerstehende Verbindungen zu bilden, begründet ihre Anwendung in der Gerberei, und ihr Verhalten zu Eisenoryd ihre Benützung in der Färberei zur Herstellung schwarzer und grauer Farben und zur schwarzen Tinte.

Zum Gerben wird vorzüglich die Eichenrinde als Lohé benützt. Am reichsten ist die innere Lage derselben, auch ist die Rinde junger Bäume, des Buschholzes der von alten vorzuziehen. Die Weidenrinde dient zum Gerben von Saffian, Maroquin, Handschuhleder, Birken- und Buchenrinde in der Lohgerberei, erstere namentlich zum Färben des Leders, auch zum Schwarzfärben der Seide. Zum Färben werden besonders Sumach, Knopperrn und Galläpfel benützt. Auch Lerchen-, Lannen- und Fichtenrinde, bisweilen auch Heidelbeerzweige und -Blätter und Tormentillwurzel werden zuweilen zum Gerben verwendet.

### Gallussäure.

Gallussäure.  
Vorkommen.

Die Gallussäure  $\bar{G}$  (Acidum gallicum)  $C_7H_2O_5$  findet sich, jedoch nur in sehr kleiner Menge, in den Galläpfeln, in weit größerer in der Bablax (getrocknete Schoten von *Mimosa cineraria* in Calcutta und Coromandel). Nach Pelouze's Versuchen kommt sie aber nicht natürlich vor, sondern entsteht erst aus der Gerbsäure beim Trocknen der Vegetabilien. Sie soll jedoch vorkommen in den Säften einiger Pflanzen, z. B. in *Cytisus hypocystis*, in den Blumen der *Arnica montana*, in den Samen von *Veratrum sabadilla*, in den Wurzeln von *Helleborus niger*, *Veratrum album*, *Colchicum autumnale*, *Eucalyptus ipecacuanha* u., wenn sie anders nicht auch hier ein Zersetzungsprodukt war.

<sup>1)</sup> Vgl. Henry im Journ. de pharm. Mai 1835. S. 213—231 und von d. pharm. Centralbl. 1835. S. 447—453.

Jedenfalls scheint das noch keine ausgemachte Sache zu sein, da man nach Stenhouse zwar in den meisten gerbstoffhaltigen Pflanzenstoffen etwas Gallussäure findet, künstlich dagegen nur die Gerbsäure von zweien derselben, nämlich die der Galläpfel und des Sumachs in Gallussäure umwandeln kann. Wenn auch die Gallussäure jedesmal aus der Gerbsäure entstanden sein mag, so scheint dies doch wenigstens ebensowohl durch den Einfluß der Lebenskraft, als durch die Fäulniß gerbstoffhaltiger Substanzen geschehen zu können, da Robiquet sogar fand, daß reine Gerbsäure sich unter den günstigsten Umständen selbst nach 8 Monaten erst zur Hälfte in Gallussäure verwandelte, während bei Galläpfeln, selbst ganzen, die Umwandlung in einem Monat vollendet ist. Es ist demnach so lange als möglich anzusehen, daß die kleine Menge von Gallussäure, welche sich gewöhnlich in gerbsäurehaltigen Pflanzentheilen vorfindet, ein Erzeugniß der Lebenskraft sei, bis triftigere Gründe das Gegentheil erweisen.

Man erhält die Gallussäure aus der Gerbsäure, wenn man dieselbe, Darstellung. wie S. 293 angegeben wurde, entweder mit verdünnter Schwefelsäure kocht, oder Galläpfelpulver einen oder mehrere Monate lang an einem warmen Orte feucht erhält, auspreßt, mit Wasser auskocht, durch Thierkohle entfärbt und krystallisiren läßt. Durch Umkrystallisiren aus Alkohol erhält man größere Krystalle. 100 Theile schwerer blauer Galläpfel liefern 15—16 reiner Gallussäure<sup>1)</sup>.

Die Gallussäure krystallisirt in feinen, seidenglänzenden geraden rhombischen Prismen von weißer, meist schwachgelblicher Farbe, ohne Geruch und von schwach säuerlichem zusammenziehendem Geschmack, in 100 Theilen kaltem und 3 Th. warmem Wasser, in 4 Th. Alkohol und wenig in Äther löslich. Die krystallisirte enthält 9,45% Wasser. Sie röthet Lackmus und gibt mit Eisenorydsalzen, wie die Gerbsäure, einen schwarzblauen Niederschlag, welcher aber leichter löslich ist, als das gerbsaure Eisenoryd; er löst sich allmählig in der Flüssigkeit wieder auf. Drydfreies Eisenorydsalz wird davon nicht verändert und die wässerige Lösung der Gallussäure löst das Eisen unter Wasserstoffgasentwicklung auf, ohne davon gefärbt zu werden. Concentrirte Schwefelsäure zersetzt die Gallussäure, Salpetersäure färbt ihre Auflösung purpurroth, dann gelb und zersetzt sie gleichfalls. Die wässerige Auflösung zersetzt sich freiwillig in Humusäure und färbt sich dabei braun. Die Gallussäure verliert bis + 100° C. erhitzt Wasser, kocht bei 210 unter Entwicklung von Kohlensäure und Sublimation von Brenzgallussäure, schnell bis 250° erhitzt hinterläßt sie schwarze Melangallussäure, die in Wasser und Alkohol unlöslich, auflöslich aber in Alkalien ist. Eigenschaften.

Die gallussäuren Salze (Gallate) zerfallen sich in Auflösung Salze. außerordentlich leicht, besonders bei Gegenwart von überschüssigem Alkali, unter Sauerstoffgasabsorption in Kohlensäure und eine braune, in Wasser unlösliche Materie. Setzt man einer alkalischen Flüssigkeit Gallussäure zu,

1) Vgl. Müller, Archiv d. Pharm. 2. R. 46. S. 152.

so ertheilt ihr dieselbe bei ihrem Übergang in die braune Materie eine gelbe, grüne, rothe und endlich eine braune, fast schwarze Farbe. Kommt die alkalische Reaction von Kali oder Natron, so bleibt die Flüssigkeit klar, bei Gegenwart von Kalk oder Bittererde entsteht eine Trübung und ein schwarzer Niederschlag, was schon Täuschungen veranlasste, indem man diese Färbung der Gegenwart eines Metallsalzes zuschrieb.

*Ausmittelung*

Die Gallussäure löst, wie die Gerbsäure, Eisenorydsalze unverändert, während sie die Eisenorydsalze blauschwarz färbt, unterscheidet sich aber von dieser durch ihr Verhalten zu Leimlösung, zu kohlensaurer Kalklösung und Barytwasser.

Während die Gerbsäure, wie die Humussäure, von Hausenblasenlösung in weißen Flocken als gerbsaures Glutin gefällt wird, ebenso die gerbsauren Alkalien nach dem Freiwerden der Gerbsäure auf Zusatz von etwas verdünnter Salzsäure, bleibt die Gallussäure und ihre Salze davon unverändert.

Eine Auflösung von doppeltkohlensaurem Kalk, die man durch Einleiten von Kohlensäure in Kaltwasser bis zur Wiederausscheidung der Flüssigkeit erhält, färbt eine gallussäurehaltige Flüssigkeit beim Stehen an der Luft bald bläulich und endlich, nach etwa 1 Stunde, indigblau, ohne sie zu trüben. Erst allmählig entsteht ein geringer blaugrünlischer Bodensatz. Erhitzt man gleich nach dem Zusatz des Reagens, so fällt kohlensaurer Kalk nieder und die Flüssigkeit bleibt ungefärbt, wird aber schon beim Erkalten blau. Eine Auflösung von Gerbsäure bleibt auf Zusatz von doppeltkohlensaurer Kalklösung auch für die Dauer farblos und hell, setzt aber allmählig einen starken weißen, flockigen Niederschlag ab, welcher bei überschüssiger Gerbsäure weingelb aussieht und erst nach langer Zeit gelblich-grau wird.

Verdünntes Barytwasser gibt mit Gallussäure einen schwarzblauen, nicht verdünntes einen violetten, nach mehreren Stunden grün und endlich braungelb werdenden Niederschlag, der sich in großem Ueberschuß des Fällungsmittels mit rosenrother Farbe auflöst. Gerbsäure gibt einen weißen, in überschüssigem Barytwasser farblos löslichen Niederschlag. Aus einer, Gallus- und Gerbsäure zugleich enthaltenden, Flüssigkeit wird bei behutsamer Fällung zuerst die Gerbsäure, dann die Gallussäure niedergeschlagen.

Außerdem lieferte die umfassende Arbeit von Badenroder über diese beiden Säuren noch eine große Menge brauchbarer Reactionen. Man vgl. hierüber seine Abhandlung im Arch. der Pharm. 27. S. 257—275 und 28 S. 35—55; pharm. Centralbl. 1842. S. 3—16 und 17—27.

*Anwendung.*

Die Anwendung der Gallussäure stimmt so ziemlich mit der der Gerbsäure überein, bis auf deren Benutzung in der Gerberei, wozu die Gallussäure unbrauchbar ist, insofern sie mit der thierischen Faser keine Verbindung eingeht.

Die Milch-, Butter- und Nanthensäure werden bei der Gährung, die Humin-, Uimin-, Quell- und Quellsäure unter den Fäulnißprodukten der Pflanzenstoffe abgehandelt werden.

## Organische Basen.

Die organischen Basen, Pflanzenalkalien oder Alkaloide sind meist feste und zwar krystallisirbare Körper, größtentheils von sehr bitterem Geschmack und geruchlos, meist ohne Zersetzung verflüchtigbar, in Wasser schwer, leicht aber in heißem Alkohol löslich. Sie reagiren alkalisch, bilden mit organischen und anorganischen Säuren Salze, wovon viele krystallisirbar, einige pulverförmig und wenige tropfbar flüssig sind. Sie enthalten alle Stickstoff, meist  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{3}{4}$  ihres Gewichts Kohlenstoff, viel Wasserstoff und wenig Sauerstoff. Die eichengerbsäuren Salze derselben zeichnen sich durch Schwerlöslichkeit aus, man benutzt daher die Eichengerbsäure als Reagens und zur Darstellung der organischen Basen.

Sie finden sich, fertig gebildet, niemals im Thierkörper, sondern nur in den Pflanzen und zwar in den verschiedensten Theilen derselben, stets aber nur in sehr geringer Menge und ertheilen den Pflanzen ihre starken, heilsamen und giftigen Wirkungen auf den thierischen Organismus, sie kommen nicht im freien Zustande vor, sondern stets mit organischen Säuren zu meist schwer löslichen Salzen verbunden. Manche kommen in der Natur nicht als solche vor, sondern entstehen erst bei gewissen Zersetzungsprozessen organischer Körper. Vorkommen.

Das Verfahren zur Darstellung der organischen Basen richtet sich nach dem Zustande und den Eigenschaften, welche sie besitzen. Gewöhnlich zieht man die Pflanzentheile mit durch Salzsäure angesäuertem Wasser aus, concentrirt den Auszug durch Abdampfen, versetzt ihn kochend mit einem Ueberschuß von Bittererde, wodurch die Basen, ihrer Säure beraubt, mit einem Theile freier Bittererde gemengt niederfallen. Man wäscht den Niederschlag mit Kali, Ammoniak oder schwachem Weingeist, löst dann in kochendem Alkohol, wobei die Bittererde zurückbleibt, und läßt dann die Basis anschießen. Man sättigt sie hierauf gewöhnlich mit einer Säure und reinigt sie durch Thierkohle und Umkrystallisiren. Darstellung.

Einige, die in Wasser löslich und destillirbar sind, erhält man, wie das Coniin und Nicotin, wenn man die Pflanzentheile mit verdünnter Mineralsäure auskocht, den Auszug abdampft, mit Kalilauge destillirt, dann noch von dem beigemengten Ammoniak reinigt u.

Solche Pflanzenbasen sind z. B. das Colchicin im Colchicum autumnale; das Solanin ( $C_{25}H_{46}N_2O_{28}$ , Blanchet) im Solanum nigrum, S. dulcamara, S. tuberosum u.; Corydalin ( $C_{21}H_{41}NO_{10\frac{1}{2}}$ , Döbereiner) in Corydalis bulbosa und sabacea; Aconitin im Aconitum Napellus; Chelidonin ( $C_{40}H_{40}N_6O_6$ , Will) im Chelidonium majus; Daturin in Datura Stramonium; Atropin ( $C_{23}H_{40}N_2O_8$ , Liebig) in Atropa belladonna; Hyoscyamin in Hyoscyamus niger und albus; Digitalin in Digitalis purpurea; Nicotin ( $C_{10}H_{16}N_2$ , also ohne Sauerstoff, Ortigosa und Barral) in verschiedenen Arten von Nicotiana; Coniin ( $C_{12}N_{28}N_2O$ , Liebig) im Conium maculatum; Cicutin aus Cicuta virosa u.).

1) Die meisten dieser Alkaloide sind noch nicht analysirt.



Diese Alkaloide sind übrigens im isolirten Zustande sämmtlich nur als chemische Seltenheiten zu betrachten. Einige andere dagegen von ausländischen Gewächsen, wie besonders das Morphinum aus dem Opium, das Strychnin aus den Samen der Strychnos Nux vomica, das Chinin aus der Chinarinde u. werden seit langer Zeit als Arzneimittel benutzt. (Das Verberin f. unter den Farbestoffen).

### Indifferente Stoffe.

#### Pflanzenfaser.

**Pflanzen- oder Holzfasern.** Die Pflanzen- oder Holzfaser oder der vegetabilische Faserstoff  $C_{36}H_{41}O_{22}$ <sup>1)</sup> bildet einen Hauptbestandtheil aller Gewächse, indem sie das Skelet der Pflanzen bildet, und ist vorzüglich im Holze in der größten Menge angehäuft.

**Darstellung.** Man erhält den Faserstoff ziemlich rein, wenn man zerkleinerte Holztheile, dünne Späne mit verschiedenem indifferenten Wasser, Weingeist, dann mit sauren und alkalischen Lösungsmitteln behandelt, um die ihm anhängenden löslichen Stoffe zu entfernen. Durch Chlornasser oder unterchlorigsaure Alkalien wird er weiß.

**Eigenschaften.** In diesem reinen Zustande erscheint er weiß, geruch- und geschmacklos, theils sehr zähe und faserig, wie bei Flach, Hanf, Baumwolle, theils sehr hart, wie bei den Schalen des Steinobstes, der Nüsse u., von 1,5 specifischem Gewicht im luftleeren, und 0,39 bis 1,26 im lufthaltigen Zustande, sowohl in den gewöhnlichen Lösungsmitteln, als in verdünnten Säuren und Laugen unlöslich. Durch Chlor wird er nicht verändert, sondern nur gebleicht, indem sich das Chlor damit verbindet; durch verdünnte Salpetersäure wird er gelb gefärbt, durch concentrirte ohne Gasentwicklung aufgelöst und daraus durch Wasser wieder als indifferentes Xyloidin ( $C_6H_{10}O_5N$ ) gefällt, das sehr leicht schmilzt und bei 180° C. verbrennt, beim Kochen bildet er damit Sauerkleesäure, aber viel weniger als Zucker und Stärkemehl. Auch Alkali und Natron damit zusammengeschmolzen verwandelt ihn in Dralsäure, verdünnte Kalilauge durch Kochen in Humussäure, concentrirte Schwefelsäure schwärzt und verwandelt ihn in Gummi und Krümelzucker. Auch Salzsäure schwärzt und zerstört die Pflanzenfaser. Sie verbindet sich mit Metallsalzen unter theilweiser Zersetzung der letzteren.

Nach den Untersuchungen von Payen und Schleiden besteht das Holz aus zwei verschieden zusammengesetzten Bestandtheilen. Der eine bildet die eigentliche Pflanzen- oder Holzzelle und wird daher von Payen Cellulose (Zellstoff) genannt  $C_{21}H_{42}O_{21}$ , der andere füllt die Zellen aus oder bildet Ablagerungen auf den Zellenwänden und heißt Lignin (Matière incrustante) nach Payen  $C_{35}H_{21}O_{20}$ . Die Zellensubstanz löst sich

1) Vgl. auch die Untersuchungen über Holzfaser von Blondeau de Carolles, Journ. f. prakt. Chemie. 32. S. 427—441 und von da pharm. Centralbl. 1844. S. 865.

nach Papen in concentrirter Salpetersäure nicht auf, wohl aber das Lignin; in concentrirter Schwefelsäure löst sich die Cellulose leicht und ohne Schwärzung zu Dextrin auf, während das Lignin von Schwefel- und Salzsäure stark gefärbt wird.

In trockener Luft erhält sich die Holzfaser und auch das Holz Jahrhunderte lang ohne Veränderung, ebenso unter Wasser beim Abschluß der Luft. Bei gleichzeitiger Einwirkung beider geht es dagegen in Fäulniß und Verwesung über, wird mürbe und verwandelt sich in eine braune oder weiße, im feuchten Zustand phosphorescirende zerreibliche Masse. Das durch Wasser von seinen löslichen Bestandtheilen befreite Holz erleidet diese Zersetzungen weit langsamer, als das frische Holz. Berührung mit Alkalien beschleunigt die Verwesung.

In der Wärme schmilzt und verflüchtigt sich die Holzfaser nicht, bei höherer Temperatur wird sie zersetzt in Kohlensäure, Kohlenoryd, ölbildendes und Sumpfgas, in Essigsäure, Holzgeist, essigsaures Methyloxyd, Eignon, Xylit und Mesit und in Theer, welcher wieder aus Kreosot, Paraffin, Cupion, Picamar u. besteht.

Die weichen Arten der Faser bilden, von verschiedenen nährenden Stoffen durchdrungen, einen Hauptbestandtheil der vegetabilischen Nahrungsmittel der Menschen (Gemüse, Salat, Früchte) und der Thiere (Gras, Heu, Stroh u.). Die Faser selbst wird indessen nur verdaut, wenn sie sehr fein zertheilt ist, sie bildet daher immer einen Hauptbestandtheil der Excremente. Die Zähigkeit und Haltbarkeit des Faserstoffes gegen atmosphärische Einflüsse und Wasser bedingt die technische Benützung des Holzes zu den verschiedenen Zwecken, so wie die der Bastfaser, des Flachses und Hanfes, der Nessel, der Baumwollenfaser u. zu Stricken, Geweben, Papier u.

Anwendung  
des Faser-  
stoffes.

Wenn man den Faserstoff mit einer Salpetersäure behandelt, welche nicht mehr Wasser enthält, als gerade zum Bestehen des ersten Hydrates hinreicht, so löst er sich darin nicht wie in der gewöhnlichen concentrirten Salpetersäure auf (S. 300), sondern verbindet sich damit unter theilweiser Zersetzung zu einer explosirenden, dem Xyloidin in ihrer Zusammensetzung ähnlichen Verbindung, welche aber nicht wie das Xyloidin dabei in ihrer äußeren Form eine wesentliche Veränderung erleidet und ein von diesem ganz abweichendes chemisches Verhalten zeigt.

Schießbaum-  
wolle.

Am besten eignet sich zur Darstellung dieser Verbindung die Baumwolle. Sie erregte wegen ihrer Eigenschaft, gewissermaßen das Schießpulver zu ersetzen, unter dem Namen **Schießbaumwolle** das allgemeinste Interesse. Man hat dafür auch die Namen: Schießwolle, explosive Baumwolle, explosirender Faserstoff, Schießfaser, Fulmin, Pyroxylin, Ballistoryd u. vorgeschlagen, welche jedoch keine allgemeine Aufnahme gefunden haben.

Diese wichtige Entdeckung wurde zuerst von Schönbein in der ersten Hälfte des Jahres 1846, im August desselben Jahres von Böttcher gemacht, welche Beide ihr Verfahren geheim hielten. Im October glückte

es auch Otto, die Schießbaumwolle herzustellen, welcher die Darstellungsweise sogleich veröffentlichte.

Darstellung.

Um Salpetersäure von der erforderlichen Stärke zu haben, bereitet man dieselbe Anfangs stets frisch aus 10 Theilen geschmolzenem Salpeter und 6 Th. rauchender Schwefelsäure. Später ergab sich, daß es noch vortheilhafter sei, wenn man 1 Volumtheil gewöhnlicher, jedoch chlorfreier starker Salpetersäure mit etwa gleichen Theilen englischer oder  $\frac{1}{2}$  Theil rauchender Schwefelsäure mengt, indem letztere der Salpetersäure nicht bloß das überschüssige Wasser entzieht, sondern auch die salpetrige Säure zurückhält, die sonst leicht zersetzend auf die Faser wirkt. Es ist zweckmäßig, die Baumwolle zuvor durch Behandeln mit Alkalien, Säuren, Äther und Weingeist von anhängenden fremden Stoffen, besonders der stickstoffhaltigen Substanz der Hüllen zu befreien. Nach Payen entzündet sich das aus gereinigter Baumwolle erhaltene Präparat schon bei  $165^{\circ}$  C. auf heißem Quecksilber, während das aus ungereinigter Baumwolle erst bei  $200^{\circ}$  explodirt.

Man taucht die Baumwolle in dies Gemenge 10—15 Minuten lang ein, am besten, wenn sie zuvor getrocknet und zur schnelleren Durchdringung auseinander gezupft worden war. Die Zeit des Eintauchens ergab bei der Analyse der Schießbaumwolle keinen Unterschied. Man drückt die anhängende Säure zwischen zwei Glasstafeln etwas aus, drückt sie aber nicht vor dem vollständigen Auswaschen stark zusammen, zupft sie nachher wieder auseinander und trocknet sie hierauf bei sehr gelinder Wärme, weil sie bei starkem Erwärmen leicht explodirt.

Preis.

Zu einem Bällchen Baumwolle von der Größe eines Eies braucht man ungefähr 2 Loth Säure. Über die Kostenberechnung sind indeffen die Angaben noch sehr verschieden. So berechnet Walz das bayerische Pfund auf 3 Gulden 44 Kreuzer, während es nach Pelouze nur auf  $7\frac{1}{2}$  Sgr. käme. Letzterer schlägt vor, statt Baumwolle gut ausgetrocknete Papiermasse (Ganzezeug) anzuwenden, wo dann der Preis auf 6 Sgr. falle.

Schönbein's  
Verfahren.

Schönbein, welcher sich seine Methode in England auf den Namen John Taylor patentiren ließ, beschreibt seine Darstellung folgendermaßen: Man taucht die trockene Baumwolle in ein Gemenge von 1 Theil Salpetersäure von 1,50 und 3 Th. Schwefelsäure von 1,185 specifischem Gewicht, welches auf  $10-15^{\circ}$  C. abgekühlt sein muß, rührt um, läßt die Säure ab, preßt die Baumwolle aus, läßt sie eine Stunde in dem Gefäß und wäscht sie dann mit Wasser bis zur Entfernung der Säure. Um diese völlig zu entfernen, taucht er sie in eine schwache Pottaschenauflösung (1 Unze in 4 engl. Quart Wasser), preßt aus und trocknet. Das Eintauchen in eine schwache Salpeterauflösung macht sie noch etwas wirksamer. Man trocknet sie in einem Zimmer von  $65^{\circ}$  C.

Die Baumwolle darf von der Säure nicht in eine gelatinöse, durchscheinende, gleichartige Masse verwandelt werden, wie es bei zu schwacher Säure geschieht, sondern muß Gestalt und Zusammenhang beibehalten, in den einzelnen Faserbündeln aber durchscheinend, glasartig werden.

Je mehr die Baumwolle bei dieser Behandlung an Gewicht zunimmt, um so stärker ist ihre Entzündbarkeit. Die Zusammensetzung der Schießbaumwolle ist nach Kerdhoff und Reuter  $C_{21}H_{28}N_6O_{15}$ . Die Cellulose der Baumwolle geht demnach bei der Behandlung mit Salpetersäure unter Abscheidung von Wasser eine Verbindung mit dieser Säure ein:  $C_{21}H_{12}O_{21} + 6(H_2O, NO_2) = C_{21}H_{28}N_6O_{15} + 14 H_2O$  und nimmt danach 75,19% an Gewicht zu. Nach Schröder soll sie nur  $66\frac{1}{3}$  und nach Kaiser höchstens 25% zunehmen.

Zusammensetzung.

Nicht bloß rohe Baumwolle, sondern auch gesponnene und gewebte, wie auch andere Arten von vegetabilischem Faserstoff, wie Flachs, Heede, Papier, Sägespäne, feine Hobelspäne, Torf u. dgl., auch Stärkmehl erhalten durch diese Behandlung eine der Baumwolle ähnliche explosive Eigenschaft, obgleich sich die rohe Baumwolle, vermöge ihrer lockeren Beschaffenheit, jedenfalls am zweckmäßigsten erweist. Erdmann (in Wien) soll jedoch aus Steinkohlentheer ein räthliches Pulver dargestellt haben, das noch kräftiger als Baumwolle wirkt. Zucker wird durch diese Behandlung in eine harzähnliche Masse verwandelt, welche beim Erhitzen gleichfalls plötzlich entflammt.

Die trockene Schießbaumwolle unterscheidet sich von der gewöhnlichen nur durch eine größere Straffheit ihrer Faser und knirscht beim Auseinanderziehen. Auch die Körner des Stärkmehls bleiben dabei unverlegt. Sie ist vollkommen weiß, besonders wenn man sie vor der Behandlung mit Säure in Alkalilösung gekocht hat. Beim Reiben mit der Hand wird sie auffallend stark elektrisch. Zieht man einen Docht davon wiederholt durch die Finger, so fahren die nebeneinander hängenden Enden derselben weit auseinander, bewegen sich mit Heftigkeit gegen einen hingehaltenen Finger. Sie bleibt längere Zeit an einer vertikalen Wand hängen, wird von einer geriebenen Siegellackstange abgestoßen und gibt, wohlgetrocknet, beim Reiben zwischen den Fingern an einem dunkeln Orte viele und lebhafte Funken. Sie isolirt noch besser als Seide. Gewöhnliche Baumwolle zeigt keine dieser Eigenschaften.

Eigenschaften.

Auch in ihrem chemischen Verhalten zeigt die Schießbaumwolle ebenso bedeutende Abweichungen vom Xylloidin, als von der gewöhnlichen Baumwolle. Das Xylloidin wird von concentrirter Essigsäure und Salzsäure, besonders beim Erwärmen, in verdünnter Salpetersäure schon bei gewöhnlicher Temperatur leicht aufgelöst und aus beiden ersteren durch Wasser, aus letzterer durch Alkalien gefällt. Die Schießbaumwolle bleibt nicht bloß in dieser Säure, sondern auch bei tagelangem Liegen in concentrirter Salpetersäure völlig unverändert und wird von letzterer erst bei  $80-90^\circ C.$  aufgelöst, aus dieser Auflösung aber durch Schwefelsäure wieder gefällt. Sie verliert nach stundenlangem Kochen mit Wasser oder Essigsäure weder an Gewicht, noch an Wirksamkeit. Essigäther verwandelt sie in eine voluminöse, wasserklare Gallerte, die mit mehr Äther eine klare Auflösung gibt, ohne den chemischen Zustand der Schießbaumwolle zu verändern, da der schneeweiße Rückstand nach Verflüchtigung des Äthers unter denselben

Chemisches Verhalten.

Umständen und zu denselben Produkten, wenn auch weniger energisch, als zuvor verbrennt. Auch in Schwefeläther löst sie sich auf<sup>1)</sup> zur farblosen, wasserhellen, dicken Flüssigkeit, welche sich filtriren läßt und durch Alkohol zur zähen, schleimigen Masse coagulirt. Wird dieselbe zwischen Filtrirpapier ausgepreßt, so zeigt sie wieder eine faserige Textur, indem sich die Masse in Fasern auseinander ziehen läßt. Getrocknet ist die Masse zwar leicht verbrennlich, hat aber die Eigenschaft, zu explodiren, verloren. Die Salpetersäure scheint mit der Wolle verbunden geblieben zu sein. Durch Eisenvitriol läßt sich auf die bekannte Weise (S. 119) die Verbindung von Stickstoff mit Sauerstoff in der Schießbaumwolle nachweisen; Brucin und Morphin bringen aber damit die rothe Färbung nicht hervor, wodurch sie die Salpetersäure anzeigen.

Das Xyloidin löst sich theilweise in absolutem Alkohol und fast ganz in alkoholhaltigem Aether auf. Gewöhnliche Baumwolle ist weder in Essig-, noch in Schwefeläther löslich. In concentrirter Schwefelsäure löst sich die Schießbaumwolle schwieriger auf, als Cellulose. Letztere Auflösung färbt sich schon unter 90, erstere viel über 100° C. braun und schwarz, und die Auflösung derselben in Schwefelsäure von 1,5—1,7 specifischem Gewicht gar nicht. Die Auflösung wird durch Alkalien nicht gefällt. Die noch feuchte Schießbaumwolle löst sich bei gewöhnlicher Temperatur in mäßig starker Ästhalilauge langsam, bei etwa 60° C. schneller, wobei Kerkhoff und Reuter einmal Citronensäure, ein anderes Mal Weinsäure erhielten, während die Flüssigkeit zugleich salpetrigsaures nebst wenig kohlen-saurem Kali enthält. Xyloidin löst sich in Kalilauge nicht in der Kälte und gewöhnliche Baumwolle auch beim Kochen nicht auf.

Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium zerstört die explosive Eigenschaft der Baumwolle, ohne daß sie sich im Aussehen verändert, nur knirscht sie nicht mehr zwischen den Fingern, aber an Gewicht verliert sie bedeutend. Auch durch Fett wird diese Eigenschaft geschwächt, aber nicht völlig aufgehoben. Durch Feuchtigkeit, welche sie aus der Luft anzieht, verliert sie dieselbe, erhält sie aber wieder, auch wenn sie zuvor stundenlang mit Wasser gekocht wurde. Nach Bantenknoff verliert sie die explosive Eigenschaft gleichfalls, wenn man sie längere Zeit einer Temperatur von 150° C. aussetzt, wobei salpetersaure und salpetrigsaure Dämpfe entweichen.

Die explosi-  
rende Eigen-  
schaft.

Beim Annähern von brennenden oder bloß glühenden Körpern, ebenso bei einer Temperatur von 230° C. oder wenn die Erhitzung einige Sekunden fortwirkt, schon bei 200—175° (vgl. S. 302)<sup>2)</sup>, verbrennt die Schießbaumwolle blüßschnell und fast geräuschlos ab, um so rascher, je mehr ihre Gewichtszunahme bei der Behandlung mit Säure betrug. Sie läßt dabei

1) Nach Paven löst sich nur die durch salpetrige Säure erzeugte Verbindung in Aether, während derselbe von guter Schießbaumwolle nur  $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{4}$  aufnimmt.

2) Nach andern Beobachtungen entzündet sie sich durch sehr rasche Erhitzung schon bei 130° C.

nicht den geringsten Rückstand. Nur wenn sie unrichtig bereitet oder feucht war, bleibt dabei Kohle oder Brandharz und Wasser zurück. Kxloidin läßt ebenfalls beim Verbrennen einen beträchtlichen Rückstand von Kohle. Das Abbrennen erfolgt auch durch einen kräftigen Hammerschlag auf den Ambos. Elektrische Funken von der Stärke, daß sie mit Harzpulver bestreute Baumwolle jedesmal entzünden, lassen nach Marx die Schießbaumwolle unverändert. Bei Anwendung einer großen Flasche von über zwei Quadratfuß äußerem Beleg verpufft sie aber jedesmal. Sie muß daher gegen Blitzschlag gesichert werden.

Die Schießbaumwolle brennt weit rascher ab, als das Pulver, so daß sie dicht neben diesem verbrennen kann, ohne dasselbe zu entzünden, während sie von abbrennendem Schießpulver mit Leichtigkeit entzündet wird. Sie kann daher auf der bloßen Hand entzündet werden, ohne eine besondere Wärme auf derselben fühlbar zu machen. Auch auf weißem Papier hinterläßt sie keine Spur.

Nach Giulini pflanzt sich die Entzündung der Schießbaumwolle in einer Patrone durch eine fest unterbundene Stelle nicht fort. So bleibt ein in der Mitte fest zwischen den Fingern gehaltener Streifen Schießbaumwolle auf der nicht angezündeten Seite unverändert. Daher explodiren auf dem Ambos einige Fasern heftig, während andere unverändert bleiben.

Beim Verbrennen der Schießbaumwolle an der Luft entsteht nach Dumas Wasserdampf, Kohlenoxydgas, Kohlensäure, Stickstoffoxyd und salpetrige Säure. Das Gas enthält so viel brennbare Produkte, daß es sich durch ein Licht entzünden läßt. Die Farbe der Flamme läßt auf Cyanverbindungen, wahrscheinlich Cyanammonium schließen. Fordos und Ellis erhielten auch in der That Cyansilber, als sie die Verbrennungsprodukte wiederholt in einem gläsernen Ballon sammelten, welcher Silberauflösung enthielt. Pless berechnet nach seiner Elementaranalyse, daß sich beim Verbrennen von 100 Grammen Schießbaumwolle 85 Liter Gas bilden, beim Verbrennen von ebensoviel Schießpulver aber nur 32,5 Liter. Nach Schönbein's Angabe wirken auch 3 Theile Schießbaumwolle so viel, wie 8 Theile englisches Schießpulver.

Verbren-  
nungsprojeß.

Obgleich eine große Anzahl von Versuchen über ihre Benutzung als Surrogat des Schießpulvers angestellt worden ist, läßt sich bis jetzt doch noch keineswegs entscheiden, ob sie das Pulver ganz oder zum Theil werde verdrängen können. Nach Kaiser's Versuchen schlug

Anwendung  
als  
Schießpulver-  
surrogat.

eine Scheidenspißkole mit 1 Gran Sch.	die Kugel auf 18 Schritte	3 Linien tief in die Scheibe
" " " 2 " " " " " "	" " " " " " " "	12 "
" " " 3 " " " " " "	" " " " " " " "	15 "
" " " 3 " " " " " "	" " " " " " " "	45 "
" " " 3 " " " " " "	" " " " " " " "	12 "
ein Dürschkugeln " 6 " " " " " "	" " " " " " " "	86 "
" " " 6 " " " " " "	" " " " " " " "	100 "
" " " 8 " " " " " "	" " " " " " " "	100 "
" " " 8 " " " " " "	" " " " " " " "	29 "
" " " 9 " " " " " "	" " " " " " " "	150 "
		noch in den

Postol hinter der Scheibe tief ein. Die Kugeln waren mit geschmierten Pflastern umgeben.

Unter Otto's Anleitung geschahen 4 Schüsse aus einem schweren Sechspfünder mit resp. 12 und 16 Loth auf 800—1000 Schritte Entfernung, nach Aussage des anwesenden Artilleriemajors, mit derselben Wahrscheinlichkeit des Treffens, als mit zwei Pfund Geschüßpulver bei demselben Caliber. Von gleich günstigem Erfolg waren die Versuche auf der Jagd.

Nach Kaiser kann beim Gebrauche  $\frac{1}{12}$  vom Gewichte der Schießpulverladung als das Normale für gute Schießbaumwolle gelten. Die Ladung beträgt danach für Scheibepistolen 3—4 Gran, für Kugelflugen und Flinten 9 Gran, für Musketen 12 Gran. Diese Quantitäten zu überschreiten ist um so bedenklicher, als schon mehrere Beispiele von Zerreißung der Läufe bei wenig größeren Mengen existiren.

Das Laden geschieht wie beim Pulver, nur ist beim Gebrauche eiserner Ladestöcke Vorsicht nöthig, da zu kräftige Stöße eine Explosion der Baumwolle herbeiführen könnten. In gleicher Rücksicht ist das mutmaßliche Erwärmen der Läufe zu beachten, wenn mehrmals hintereinander daraus geschossen worden ist.

Beim Abschießen ist weder Feuer noch Rauch zu bemerken, wenn das Präparat gut war. Der Knall ist schwach, die Läufe bleiben vollkommen rein. War das Präparat nicht gelungen, so werden sie feucht, und in diesem Falle bemerkt man auch beim Abschießen an der Mündung des Gewehres eine Flamme, wie bei abbrennendem, etwas kohlehaltigem Wasserstoffgas. Feuchtigkeit des Laufes, sie mag von Einblasen oder etwas Anderem herrühren, vermindert die Triebkraft der Schießbaumwolle sehr beträchtlich.

Die Vortheile der Schießbaumwolle vor dem Pulver sind das lebhafteste Abbrennen ohne allen festen Rückstand, die Abwesenheit eines unangenehmen Rauches, ihre Leichtigkeit, die Unmöglichkeit des Verstaubens und die dreifache Kraft des Pulvers.

Die Nachtheile sind das große Volum, die Erzeugung von vielem Wasser, das vielleicht noch mehr im Schießen hindert, als der feste Rückstand des Pulvers, und das allmälige Wasseranziehen an der Luft, wodurch sie endlich unbrauchbar wird, bis man sie wieder austrocknet. (Über den Preis vgl. S. 302).

Andersweitige  
richtige  
Benutzung.

Die Schießbaumwolle ist ferner zur Darstellung von Zündkapseln vorgeschlagen worden, welche man aus gleichfalls mit Säure behandeltem Papier anfertigt und mit Baumwolle füllt. Zum Sprengen von Felsen ist sie mit dem besten Erfolge benutzt worden und selbst zur Bewegung von Maschinen, so wie das Baumwollengewebe und das Papier zur Darstellung von sehr kräftigen Elektrifizmaschinen<sup>1)</sup> und zu Lichtbochten

1) Nach Wolf sollen schon im vorigen Jahrhundert Elektrifizmaschinen aus eigens dazu gefertigtem starken und dichten Papier dargestellt worden sein, welche die Glasröhren an Wirksamkeit übertroffen haben. Vgl. Poggendorff's Ann. d. Phys. u. Chem. 1846. Dec. S. 558.

empfohlen worden sind, welche nicht gepußt zu werden brauchen. Nach meiner Erfahrung brennen jedoch letztere rasch bis auf den Talg ab und verlöschen dann. Die elektrische Eigenschaft zeigt in noch höherem Grade das mit der Auflösung der Baumwolle in Äther getränkte Papier.

Das wie die Schießbaumwolle behandelte Papier ist wasserdicht und zeigt außerdem sehr viele Ähnlichkeit mit dem Pergament. Legt man Papier ungefähr  $\frac{1}{2}$  Minute in Schwefelsäure und wäscht es dann in Wasser ab, so erhält es gleichfalls eine pergamentartige Beschaffenheit, ohne aber explosiv, elektrisch oder wasserdicht zu sein. Die Schwefelsäure darf nur etwa 1,83 spezifisches Gewicht haben, weil sich stärkere mit Wasser so erhitzt, daß sie das Papier augenblicklich auflöst.

Um eine Verwechselung der Schießbaumwolle mit gewöhnlicher Baumwolle zu verhüten, darf sie in mehreren Staaten nur gefärbt verkauft werden. Natürlich dürfen dazu keine giftigen Stoffe verwendet werden. Man hat Heidelbeeren, Saftgrün oder Ruß dazu vorgeschlagen. Letzterer soll in die Baumwolle eingepudert werden. Da er sehr fest haftet, die Explosionsfähigkeit gar nicht verändert und durch seinen etwas brenzlichen Geruch die Unterscheidung erleichtert, so erscheint er dazu allerdings sehr geeignet. Besser wäre vielleicht, sie zur Hälfte mit zwei verschiedenen bestimmten Farben zu färben und dann zu mengen.

Die Literatur über diesen Gegenstand hat sich in der kurzen Zeit so angehäuft, daß man kaum eine technische, chemische oder selbst politische Zeitschrift finden wird, welche nicht reichliche Materialien darüber darbietet.

Außer den unter der Literatur S. 6 angeführten selbstständigen Schriften sind darüber noch erschienen:

Frankenstein, C. v., Die Schießbaumwolle. Graß, 1847. Leipzig, G. Wigand. 15 Ngr. oder 34 Kr.

Hartig, Th. (Forstsrath), Untersuchungen über den Bestand und die Wirkungen der explosiven Baumwolle, mit besonderer Berücksichtigung des mikroskopisch Nachweisbaren vor, während und nach der Explosion. Braunschweig, Ohme und Müller. 1847. <sup>1)</sup> 10 Ngr. oder 36 Kr.

Kayser, C. (Pr. Lieutenant), Das Schießpulver und die Schießbaumwolle. Eine Parallele. Berlin, Wb. Hirschner. 1847. 18 Ngr. oder 1 Fl. 6 Kr.

### Stärkmehl.

Das Stärkmehl, auch Stärke, Sazmehl, Amylon oder Stärkmehl. Amidon genannt  $C_{12}H_{20}O_{10}$ , kommt nur im Pflanzenreiche vor, wo es vorkommen. einen der am weitesten verbreiteten Stoffe bildet; es findet sich in den Samen aller Cotyledonengewächse, in vielen Wurzeln, im Stamme mehrerer Monocotyledonen und in einigen Flechtenarten.

1) Die Resultate von Hartig's Untersuchungen nebst Abbildungen (wahrscheinlich ein Auszug aus obigem Werke) finden sich in Lindner und Müller's Archiv für Natur, Wissenschaft und Leben. Braunschweig, Ohme u. Müller. 1847. S. 8.



**Eigenschaften.** Man unterscheidet 3 isomere Arten von Stärkmehl, gemeines Stärkmehl, Alantstärkmehl oder Inulin und Flechtenstärkmehl oder Lichenin, welche aber in folgenden Eigenschaften übereinstimmen: sie sind fest, nicht krystallinisch, mehlig, geruch- und geschmacklos, unlöslich in Alkohol, Aether und kaltem Wasser, löslich in heißem Wasser, woraus sie sich beim Erkalten wieder abscheiden, ohne Reaction auf Pflanzenfarben, schmelzen beim Erhitzen unter Aufblähen, verkohlen unter Entwicklung brenzlicher Dämpfe, werden durch Jod eigenthümlich gefärbt, aus ihren Auflösungen durch Gerbsäure und basisch essigsaurem Bleioryd gefällt, durch verdünnte Mineralsäuren in Dextrin und Krümelzucker, durch kochende concentrirte Salpetersäure in Xyloidin und endlich in Sauerkeesäure und Pseudoäpfelsäure ohne Spur von Schleimsäure verwandelt, mit concentrirter Schwefelsäure destillirt liefern sie Essigsäure und Ameisensäure.

**Gewöhnliches  
Stärkmehl.  
Vorkommen.**

Das gewöhnliche Stärkmehl  $C_{12}H_{20}O_{10}$  oder die gemeine Stärke findet sich in den Samen aller Monocotyledonen: Gräser, Getreidearten, im Weizen 40–60%, in der Gerste 47%, im Roggen 40%, im Hafer 35% u., in den Samen der meisten Dicotyledonen: Hülsenfrüchte, in den Bohnen 34–45%, Linsen 33%, Erbsen 32%, in trockenen Nusskastanien 35%, Eicheln u., in vielen Wurzeln und Wurzelknollen, besonders den Kartoffeln (10–23%), in den Wurzeln der Orchideen, der Farnröhre, Aronswurzel, Zitellrose, Klette, Tollkirsche, Iris u., im Marke einiger Palmen, wie der Sagopalme, in mehreren Blüten, wie Tropaeolum majus, Helianthus annuus, Oenothera grandiflora u.<sup>1)</sup> Auch das Laubholz und dessen Rinde enthalten Stärkmehl (5–26%), am meisten im Winter, aus welchem ersterem man es nach Hartig durch mechanische Mittel zu  $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{2}$  seines Gewichts abscheiden kann. Apfel und Birnen enthalten nur kurze Zeit vor der Reife Stärkmehl, da es nachher in Zucker übergeht<sup>2)</sup>. Auch in unreifen Wachholderbeeren konnte es Aschoff erkennen.

**Herstellung.** Um das Stärkmehl aus den verschiedenen Pflanzentheilen abzuscheiden, werden die Samen eingeweicht und zerquetscht; die Kartoffeln zerrieben; vom Holze nimmt man die getrockneten und dann feingemahlten Sägespäne (am besten eignen sich Birke, Ahorn, Pappel und Linde dazu) oder stampft das in dünne Querscheiben zersägte Holz zu Spreu, trocknet und mahlt es und wäscht diese Substanzen mit Wasser auf Sieben aus, wo der Faserstoff zurückbleibt, während das Stärkmehl mit dem Wasser als eine milchige Flüssigkeit abfließt, aus welcher sich beim Stehen legteres am Boden des Gefäßes absetzt. Es wird dann so oft mit frischem Wasser gewaschen, als dieses noch schmutzige Theile davon aufnimmt.

1) Vgl. Hünefeld in Erdmann's Journ. f. prakt. Chem. Bd. 16. S. 361–367, 387–390 und von da pharm. Centralbl. 1839. S. 793.

2) Nach Hamm 16–24 Procent. Vgl. allgem. Zeitung für Land- und Forstwirth. 1846. S. 318.

Das Stärkmehl bildet ein blendend weißes, zartes Pulver, welches Eigenschaften beim Drücken knirscht und, unter der Lupe betrachtet, aus wasserhell durchsichtigen, farblosen, theils kugelligen, theils ovalen oder stumpfedigen Körnern, in verschiedenen Pflanzen von verschiedener Größe, bestehend erscheint, die beim Kartoffelstärkmehl so groß sind, daß man sie schon mit bloßem Auge sehr leicht unterscheiden kann. An einer mit einem recht scharfen Rasirmesser durchschnittenen Kartoffel kann man unter dem Mikroskop erkennen, daß die Stärkekörnchen aus verschiedenen Schichten bestehen, wovon die inneren am wasserreichsten, gelatinösesten, die äußeren aber wasserärmer und derber sind. Die äußerste Schichte (Hüllensubstanz) unterscheidet sich dadurch von der inneren, daß sie etwas später von Auflösungsmitteln angegriffen wird, wahrscheinlich vermöge eingedrungener oder anhängender Spuren von Eiweiß, Fett oder Wachs. Dennoch erfolgt bei der Auflösung des Stärkmehlkorns bei der lebenden Pflanze diese Auflösung von Außen und zwar am schnellsten an den Seiten des Längendurchmessers, so daß es vor seinem gänzlichen Verschwinden zuletzt einem knotigen Stäbchen gleicht. (Schleiden).

Das Stärkmehl bädert im feuchten Zustande zu einer nach dem Trocknen fast kreideähnlichen Masse zusammen. Mit Wasser angerührt und bis über 60° C. erwärmt, schwillt es zu einer durchscheinenden Gallerte, dem Kleister an, der mit 40 bis 50 Theilen heißem Wasser eine wirkliche Auflösung bildet, welche beim Erkalten wieder zur Gallerte gerinnt, in der 60- bis 80fachen Wassermenge aber ganz gelöst bleibt. Nach dem Eintrocknen erscheint der Kleister als eine spröde, hornartige Masse, welche gepulvert mit warmem Wasser wieder zu Kleister anschwillt. Auf einem Reibstein zerrieben bildet der Inhalt der Stärkmehlkörner schon mit kaltem Wasser eine kleisterartige Masse, durch schwaches Rösten wird die Stärke in im kalten Wasser leicht lösliches Stärkergummi verwandelt. Längere Zeit mit Wasser und Diastase erwärmt, geht sie in Krümelsucker und Stärkergummi über. Von Jod wird das gemeine Stärkmehl sowohl im ungelösten, als gelösten Zustande tiefblau, in geringerer Menge violett bis rosenroth gefärbt. Diese Färbung verschwindet beim Erhitzen einer Flüssigkeit und kommt wieder zum Vorschein beim Erkalten; auch durch Chlor, schweflige Säure, Schwefelwasserstoff, arsenige Säure und Quecksilberchlorid wird die Färbung verhindert oder aufgehoben.

Das sicherste und empfindlichste Reagens auf Stärkmehl ist daher Ausmittlung eine Auflösung des Jods in Weingeist, es wird davon noch bei 100,000facher Verdünnung angezeigt. Um das Stärkmehl in den verschiedenen Theilen einer lebenden Pflanze nachzuweisen, spaltet sie Hüneseid von ihren äußersten Wurzelendigungen bis zum Blütenstand hinauf, bestreicht dann die Schnittfläche mit einer Auflösung von Jodkalium und steckt, nachdem diese aufgesogen worden, die Pflanze in ein hohes Glas, worin sich mit atmosphärischer Luft vertheiltes Chlorgas befindet, das Chlor scheidet das Jod aus dem Jodkalium im Innern der Pflanze aus, so daß es nun auf das vorhandene Stärkmehl einwirkt, wodurch die stärkmehlhaltigen

theile blau gefärbt erscheinen<sup>1)</sup>. Die Unterscheidung des Stärkmehls von andern ähnlichen Stoffen s. unter Dextrin S. 312.

Anwendung. Das in der Wurzel, im Winterholze und in den Samen angehäuften Stärkmehl bildet nicht bloß einen der wichtigsten Nahrungsstoffe der sich entwickelnden Pflanzen und Triebe, bei deren Entstehung es sich in Gummi und Zucker verwandelt, sondern auch in Verbindung mit dem neben ihm vorkommenden Kleber, eines der am häufigsten benutzten und kräftigsten Nahrungsmittel für die Thiere; es dient ferner zur Bereitung des Kleisters, zum Stärken der Wäsche, zur Weberflichte, zum Leimen des Papiers, zur Darstellung von Stärkegummi und Krümelzucker, das Palmen- und Kartoffelstärkmehl zur Bereitung von Sago u.

Inulin. Das **Alantstärkmehl**, Inulin  $C_{12}H_{20}O_{10}$  (Pulver aus der Wurzel von *Leontodon Taraxacum* und *Inula Helenium*)<sup>2)</sup> findet sich in mehreren Wurzeln, namentlich in der des Alants, *Inula Helenium*, und in den Knollen der Georginen. Es unterscheidet sich vom gemeinen Stärkmehl hauptsächlich dadurch, daß es sich beim Erkalten seiner heißen Lösung als zartes, weißes Pulver absetzt und von Jod gelb gefärbt wird.

Lichenin. Das **Flechtenstärkmehl**, Lichenin  $C_{12}H_{20}O_{10}$  findet sich in mehreren Flechtenarten, besonders in der *Cetraria islandica* und wird beim Auskochen der letzteren als gelblich graue Gallerte erhalten, die zur schwarzbraunen, glänzenden, harten und spröden Masse eintrocknet, in kaltem Wasser wieder zur Gallerte aufquillt und von Jod bräunlichgrün gefärbt wird.

Steinberg glaubt jedoch aus seinen Versuchen<sup>3)</sup> schließen zu dürfen, daß diese Stärkmehlarten mit der gemeinen Stärke identisch seien, insofern erstere wahrscheinlich nur in Begleitung einer Substanz vorkämen, welche die gewöhnliche Reaction auf Jod hindere.

Behandelt man (nach Schneberrmann und Knop) reine isländische Flechte mit viel concentrirter Schwefelsäure, so zergeht sie fast unmittelbar zu einem gleichartigen Schleim, der nach gehörigem Verdünnen mit Wasser durch ein wollenes Tuch von der rückständigen Flechte getrennt werden kann. Die durchgelaufene Flüssigkeit läßt sich nicht filtriren. Man theilt sie in zwei Theile, versetzt beide bis zu anfangender Trübung mit Weingeist, fällt den einen Theil mit (etwa  $\frac{1}{2}$  seines Volums) Weingeist, mischt und schüttelt dann beide Flüssigkeiten zusammen, seigt abermals durch ein wollenes Tuch und fällt mit Weingeist. Der auf einem Haarsieb gesammelte Niederschlag trocknet zu einer fast farblosen, durchsichtigen Masse ein, die sich in keiner Beziehung von der gewöhnlichen, gekochten und getrock-

1) Über die verschiedene Einwirkung der Joddämpfe auf das gemeine Stärkmehl je nach der Abstammung von verschiedenen Pflanzen vgl. Goble im Journ. de Chim. méd. 1844. S. 121–125 und von da pharm. Centralbl. 1844. S. 394.

2) Aus der Wurzel von *Cichorium intybus* fand es Wostkressensky aus  $C_{12}H_{20}O_{10}$  bestehend.

3) Vgl. Journ. f. prakt. Chemie. 25. S. 379–383 und pharm. Centralbl. 1842. S. 342–352.

neten Stärke in ihrem chemischen Verhalten unterscheidet. Fällt man dagegen den salzsauren Auszug unmittelbar mit Weingeist und kocht den ausgewaschenen Niederschlag mit wässerigem Weingeist, so läßt sich durch Filtriren eine Masse abscheiden, die durch Jod nicht blau wird, und überhaupt die vom Lichenin angegebenen Eigenschaften besitzt.<sup>1)</sup>

## Gummi.

Das Gummi findet sich fast in allen Pflanzen, jedoch nicht überall von völlig gleichen Eigenschaften, doch bleibt es sich wenigstens in Folgendem gleich: Es bildet eine feste, im trockenen Zustande fast farblose und durchsichtige Masse ohne Spur von Krystallisation, ist leicht pulverisierbar, von schwachem, schleimigem Geschmack und ohne Geruch, löst sich in kaltem und kochendem Wasser zur schleimigen, klebrigen Flüssigkeit, aus welcher es durch Alkohol und Aether gefällt wird, ist unlöslich in Alkohol und Aether, ohne Reaction auf Pflanzenfarben, verbindet sich leicht mit Basen, schmilzt und verkohlt beim Erhitzen, und wird durch concentrirte Mineralsäuren zerlegt. Bei der Verbrennung hinterlassen alle einen Aschenrückstand und sind daher als Gemenge von reinem Gummi mit Gummaten von Kali, Kalk u. zu betrachten.

Man unterscheidet drei verschiedene, aber sämmtlich mit dem Stärkmehl isomere Arten Gummi, nämlich Dextrin, welches fast in allen Pflanzensäften enthalten ist, und zwei von beschränkterem Vorkommen, das Acacin und Cerasin.

Das Dextrin oder Stärklegummi  $C_{12}H_{20}O_{10}$  hat man früher für ein ausschließliches Kunstprodukt aus Stärkmehl gehalten und geglaubt, das in fast allen Pflanzensäften vorkommende Gummi sei unreines Acacin, während es im arabischen Gummi im reinen Zustande vorkomme. Seitdem man aber weiß, daß das Dextrin nicht bloß durch Rösten (s. S. 375) oder Behandlung des Stärkmehls oder Holzes mit Schwefelsäure (s. S. 379), sondern auch durch Einwirkung der Diastase (s. S. 354) auf Stärkmehl oder Holzsubstanz, namentlich bei der Keimung der Samen entsteht, hat man angenommen, daß das in den Samen und in den Pflanzen beim Nachlaß der Vegetation angehäuften und beim Erwachen derselben wieder verschwindende Stärkmehl gleichfalls durch Diastase in Dextrin umgewandelt werde, so daß also das in allen Pflanzen vorkommende Gummi kein Acacin, sondern Dextrin wäre, und die beiden anderen Gummiarten scheinen aus dem Dextrin entstanden zu sein.

Das trockene Dextrin ist farblos, durchscheinend, wird in kaltem Wasser undurchsichtig durch Wasseraufnahme, löst sich darin zur geschmacklosen, schäumenden, schleimigen, aber weniger bindenden Flüssigkeit, als die Auflösung von arabischem Gummi, nicht aber in Alkohol und Aether. Seine Auflösung besitzt das Drehungsvermögen für die Polarisationsebene der

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. 55. S. 144–166 und von da pharm. Centralbl. 1845. S. 833–841 u. 858–861.

Lichtstrahlen nach rechts in hohem Grade, daher der Name Dextrin<sup>1)</sup>. Sie wird durch Alkohol und basisch effigsaures Bleioryd, nicht aber durch schwefelsaures Eisenoryd gefällt, wodurch sie sich von Gummiarabicumlösung unterscheidet, und nicht von Iodtinctur gebläut, wodurch sie sich von Stärkemehlauflösung unterscheidet. Außerdem unterscheidet sich das Dextrin aber auch noch vom arabischen Gummi, daß es durch Kochen mit verdünnter Salz- oder Schwefelsäure, oder durch Erwärmen mit Nalz oder Diastase in Krümelzucker verwandelt wird, letzteres aber nicht. Durch Salpetersäure wird es nicht, wie das arabische Gummi, in Schleimsäure, sondern in Drallsäure verwandelt.

**Zusammensetzung  
des Dextrins.**

Zur Unterscheidung des Dextrins von arabischem Gummi, Stärke und Pflanzenschleim, Trauben-, Schleim- und Rohrzucker, eignet sich am besten schwefelsaures Kupferoryd (Kupfervitriol). Man löst nach Trommer etwas von letzterem in Wasser auf, macht die Lösung mit Alkali schwach alkalisch, doch so, daß sie Curcuma bräunt. Man bringt einige Tropfen der aufgerührten, nun Kupferorydhydrat enthaltenden Probestlüssigkeit in die zu untersuchende Auflösung. Durch die Lösung des arabischen Gummi erleidet das Kupferorydhydrat selbst in der Siedhize keine Veränderung, das gummi-saure Kupferoryd widersteht der Zersetzung; war dagegen die Flüssigkeit bloßes Wasser, so geht beim Erhitzen die blaue Farbe des Kupferorydhydrats (durch Verlust des Hydratwassers) in Schwarz über.

Stärke und Pflanzenschleim verhalten sich wie das arabische Gummi. Doch läßt sich die Stärke leicht durch Iod, Pflanzenschleim aber daran erkennen, daß er nicht wie das arabische Gummi von kiesel-saurem Kali, schwefelsaurem Eisenoryd und salpetersaurem Quecksilberorydul gefällt wird.

Dextrinauflösung verwandelt das Kupferorydhydrat beim Erhitzen in rothbraunes Kupferorydul.

Rohrzuckerauflösung verhält sich ebenso, Krümel- und Schleimzucker bewirkt aber diese Veränderung nach mehreren Stunden schon bei gewöhnlicher Temperatur, unter allmäliger Entfärbung der Flüssigkeit.

1) Bezeichnet man die Drehung nach rechts mit +, die nach links mit —, so ergibt sich für den Winkel, um welchen eine Auflösung nachstehender Substanzen die Polarisationsebene dreht, folgendes Verhältniß:

Rohrzucker	+ 0°,7
Stärkezucker	+ 0°,4775
Dextrin	+ 1,5325
Fruchtzucker	— 0,2215
Milchzucker	+ 0,5225

Über die Untersuchung dieser Substanzen mit dem Polarisationsapparat findet sich eine Anweisung nebst Abbildungen in Mitscherlich's Lehrb. d. Chemie. I. 4. Aufl. Berlin 1844. S. 360—366. Vgl. auch Mitscherlich in Poggendorff's Ann. d. Phys. u. Chem. 59. S. 96; Benske im Journ. f. prakt. Chemie. 28. S. 129; Berzelius' Jahresbericht. 24. Jahrg. u. Dingler's polytechn. Journ. 76. S. 379, 84. S. 271, 102. S. 304 u. 311.

Nacht man aber die Rohrzuckerlösung zuerst alkalisch und setzt dann erst die Kupferlösung zu, so bleibt sie auch beim Kochen blau.

Bei Mannazucker bleibt die Fällung auch beim Erhitzen völlig aus. (Stenhouse).

Der Rohrzucker wird ferner von concentrirter Schwefelsäure verkohlt und durch Erwärmen mit etwas verdünnter Säure in eine braune unlösliche Substanz verwandelt; der Krümelzucker dagegen löst sich in concentrirter Schwefelsäure mit schwach gelblicher oder bräunlicher Farbe auf und bildet damit eine durch Barytsalze nicht mehr fällbare Verbindung (Zuckerschwefelsäure). Alkalien aber ändern verdünnte Auflösungen von Rohrzucker selbst beim Sieden nur allmählig, während sie beim Traubenzucker augenblicklich die Entstehung einer braunen oder braunschwarzen Materie bewirken, in welche sich bei Anwendung von Kalihydrat die ganze Menge des Krümelzuckers verwandelt.

Mannazucker löst sich in concentrirter Schwefelsäure bei gelinder Wärme ohne Zersetzung; erst bei größerer Hitze wird die Flüssigkeit dunkelbraun ohne Trübung. Rohrzucker entwickelt dagegen schon bei der gelindesten Erwärmung mit Schwefelsäure schweflige Säure. In kochender Kali- oder Natronlauge löst sich der Mannazucker ohne Färbung auf. (Stenhouse).

Durch Jod wird Dextrinlösung in der Kälte kaum verändert, aber schon bei schwachem Erwärmen grün, bei starkem Kochen olivenfarbig.

Das Dextrin ist ein sehr wichtiger Bestandtheil der Pflanzensäfte und für die Entwicklung der Pflanzen unentbehrlich, während die beiden folgenden Gummiarten für die Pflanze selbst ganz unwichtige Produkte sind. Da die Bildung des Zellstoffs einer im Wasser unauflöslichen Substanz in den verschiedensten Theilen der Pflanze erfolgt und derselbe nur aus einer Substanz entstehen kann, welche durch eine Flüssigkeit zugeführt wird und die Poren der Zellen durchbringt, also auflöslich sein muß, so kann wohl hierzu kein anderer Stoff verwendet werden, als das Dextrin, und bei jungen Pflanzentheilen nebst ihm der Zucker. Aber auch letzterer und nicht bloß der Zellstoff, sondern auch die anderen Pflanzenprodukte und das Stärkmehl selbst wieder müssen aus dem Dextrin entstehen; es ist demnach für die Pflanzen der wichtigste Stoff, ungefähr was das Protein für die Thiere.  $\text{Dextrin} + \text{Wasser} = 2 (\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{10}) + \text{H} = \text{Cellulose}$ . Das Stärkmehl entsteht daraus bloß durch isomerische Umsezung, ebenso das arabische, Senegal- (Acacin), Pflaumen- und Kirschgummi (Cerasin), welche sämmtlich isomer sind, der Rohr- oder Krümelzucker bloß durch Aufnahme oder Abscheidung von Wasser.

Bedeutung  
des Dextrins  
im Pflanzen-  
organismus.

Das Dextrin gehört unter die Nahrungsstoffe, der Magensaft bildet dasselbe aus Stärkmehl und Cellulose.

Man benutzt das Dextrin zum Versatz von Farben und Weizen für den Zeugdruck, zum Verdicken der Farben in der Tapetenfabrikation, zu Chocolate und andern Zwecken.

Anwendung.

**Acacin.** Das **Acacin** oder **Arabin**  $C_{12}H_{22}O_{10}$  (Molber), welches mehr als ein Ausscheidungsprodukt der Pflanzen erscheint, kommt ziemlich rein vor als arabisches oder Mimosen-Gummi, der freiwillig ausgeflossene, eingetrocknete Saft mehrerer Acacien- oder Mimosenarten, und das dem vorigen chemisch identische Senegalgummi aus *Acacia Senegal*, welches im Handel ebenfalls unter dem Namen arabisches Gummi vorkommt. Seine Auflösung wird durch kieselsaures Kali gefällt, gibt mit Borarlösung ein durchscheinendes Coagulum, mit Eisenchlorid eine braune Gallerte und wird durch Salpetersäure in Schleimsäure verwandelt. Die Ausmittlung des Acacins vgl. unter Dextrin S. 312.

**Cerafin.** Das **Cerafin**  $C_{12}H_{22}O_{10}$  bildet den in Wasser löslichen Theil des aus den Bäumen der Gattung *Prunus* ausschweigenden Kirschgummis, seine Auflösung wird weder von kieselsaurem Kali, noch von Borax oder Eisenchlorid gefällt, sonst stimmt es so ziemlich mit dem vorigen überein.

### Pflanzenschleim.

**Pflanzen-  
schleim.** Der Pflanzenschleim, Bafforin oder Pektin  $C_{12}H_{22}O_{10}$  (Molber) ist gleichfalls ein im Pflanzenreiche sehr verbreiteter Stoff; er findet sich theils rein, theils mit Kalt- und Kaltsalzen verbunden, oder mit Gummi gemengt besonders im Traganth- und Kirschgummi, in der Eibisch- und Salepwurzel, in den Quitten- und Leinsamen, im Saft vieler Rüben, der Äpfel, Quitten, Pflaumen, Kirschen, Johannisbeeren und anderer Obstarten.

Man erhält ihn durch bloßes Auspressen vieler solcher Pflanzentheile mit Wasser, oder durch Behandlung des ausgepressten Saftes mit Kalilauge, Auswaschen oder Fällen derselben mit Alkohol.

Er ist bald neutral und gallertartig (Pektin), bald neutral und schleimig (Pflanzenschleim), bald gallertartig und sauer (Pektinsäure), vertrocknet zur durchscheinenden, harten, geruch- und geschmacklosen Masse, welche in kaltem Wasser aufquillt, sich aber (mit Ausnahme der schleimigen Modification) weder in kochendem Wasser, noch in Alkohol oder Äther auflöst, reagirt nicht auf Pflanzenfarben, verbindet sich leicht mit Basen und Salzen, löst sich unverändert in Alkalien auf, wird durch Erhitzen mit verdünnten Säuren in Dextrin und Krümelsucker verwandelt, zerfällt sich im feuchten Zustande sehr bald in warmer Luft, schmilzt und verkohlt beim Erhitzen und wird durch Salpetersäure in Schleimsäure verwandelt<sup>1)</sup>.

1) Umfassende Arbeiten über Pektin nebst Ansichten über seine Entstehung und Veränderung, über das Reifen, Rehlig- und Zeigigwerden der Früchte u. finden sich von Molber im pharm. Centralbl. 1838. S. 327—340 aus Bulletin de Néerlande. 1838. S. 13—18 und ebendaf. S. 500—503 aus Natur-en Scheikundig Archief. 1837. S. 575—593; von Krémy ebendaf. S. 705—714 aus Journ. de pharm. 1840 Mai. S. 366—393; von Schmidt l. c. 1844. S. 785. 790 u. 806—810 aus Ann. d. Chem. u. Pharm. 51. S. 29—62; von Chodnew ebendaf. 1845. S. 49—54 u. 65—73 ebendaf. 51. S. 355—395; von Zahn l. c. 1846. S. 401—409 aus Archiv d. Pharm. 2. R. 45. S. 24—43 u. 129—172.

Er ist einer der kräftigsten Nahrungsmittel. Die Unterscheidung des Pflanzenschleims von anderen ähnlichen Stoffen s. unter Dextrin S. 312.

## Zucker.

Der Zucker kommt vorzugsweise im Pflanzenreiche und zwar in allen Theilen der Pflanze, namentlich in der Wurzel, im Stamme, in den Honiggefäßen der Blüte und in den Früchten vor, im Thierreiche in der Milch, im Honig, im Blute der Thiere, in um so größerer Menge, je mehr sie Stärkmehl genießen, und zuweilen als Krankheitsprodukt im Harn.

Die verschiedenen Arten des Zuckers stimmen darin überein, daß sie krystallisirbar, von süßem Geschmack, in Wasser und wässrigem Weingeist löslich sind. Einige derselben gehen mit Hefe oder anderen stickstoffhaltigen Körpern vergärend, in Gährung über und liefern Weingeist und Kohlensäure, andere unterliegen dieser Zersetzung nicht. Man theilt deshalb den Zucker ein in gährungsfähigen und gährungsunfähigen, den ersteren wieder in gemeinen Zucker, Krümelzucker und Milchwucker u.; ein gährungsunfähiger Zucker ist der Mannit oder Mannazucker. Die Eintheilung in krystallisirbaren und nichtkrystallisirbaren Zucker ist unstatthaft, weil der einzige nichtkrystallisirbare Zucker, der Schleimzucker, keine eigene Zuckerart, sondern bloß ein Zersetzungsprodukt des krystallisirbaren ist. Vgl. unter Rohrzucker.

Der gemeine oder Rohrzucker  $C_{12}H_{22}O_{11} + H$  findet sich vorzüglich im Zuckerrohr, im Mais, im Ahorn, in Melonen und Kürbissen, in den Wurzeln der Geschlechter Beta, Daucus, Althaea u.

Man stellt ihn dar, indem man den frisch ausgepreßten Zuckersaft mit Kaltmilch klärt, abdampft, krystallisiren und die süße Mutterlauge (Melasse) ablaufen läßt. Der so erhaltene, noch stark braun gefärbte Rohrzucker wird durch Wiederauflösen, Klären mit Kalt, Eiweiß und Thierkohle gereinigt, wieder zur Krystallisation abgedampft und dadurch von dem letzten Antheil Melasse gereinigt, daß man aus darauf gelegtem feuchten Thon allmählig Wasser durchsickern läßt (deckt).

Gewöhnlich sucht man, um den Zucker möglichst auflöslich zu machen, die Bildung großer Krystalle zu verhindern, indem man den Saft abdampft, bis er zwischen den Fingern Faden zieht, und ihn in flachen Gefäßen unter Umrühren rasch abkühlt. Er bildet dann eine weiße, körnige Masse (Putzucker). Bei schwächerem Verdunsten und langsamer Abkühlung erhält man große Krystalle (Kandis).

Der Rohrzucker krystallisirt in großen, aber kurzen, farblosen, schiefen rhombischen, gewöhnlich sechsseitigen Säulen, welche beim Reiben oder Stoßen im Finstern phosphoresciren. Er schmilzt bei  $180^{\circ} C.$  zu einer farblosen Flüssigkeit, die nach dem Erkalten zu einer amorphen Masse (Gerstenzucker) erstarrt, bei  $200^{\circ}$  verwandelt er sich in eine braune, unkrystallisirbare, an der Luft zerfließende Masse, den Schleimzucker (Melasse) <sup>1)</sup>.

Schleimzucker  
Melasse.

1) Die braune Farbe kommt indeß nach Soubeiran nicht dieser Modification des Zuckers selbst zu, sondern ist erst eine Folge der weiteren Zersetzung des



Noch schneller erfolgt diese Umwandlung beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure und selbst schon mit kleinen Mengen organischer Säuren, welche sich mit dem Zucker verbinden, ohne ihm seinen süßen Geschmack zu nehmen, lassen sich aber davon durch Alkalien nicht mehr trennen. Dies ist die Ursache, warum man aus sauer reagirenden zuckerhaltigen Pflanzensäften keinen krystallisirbaren Zucker erhält. Man hat ihn früher als eine eigene Zuckerart betrachtet, und Fruchtzucker genannt, allein er ist nichts Anderes, als ein Zersetzungsprodukt von krystallisirbarem Zucker durch Wärme oder Säuren. Der beim Raffiniren des Rohrzuckers abfallende Syrup (*holländischer Syrup*, *Melasse*) enthält durch Alkalien entstandene Zersetzungsprodukte des Zuckers. Gegen schwefelloses Kupferoxyd verhält er sich wie Krümelzucker. Vgl. unter Dextrin S. 312.

Bei 220° geht der Zucker unter Aufblähen und Entwicklung eines gewürzhafte riechenden Dampfes in eine schwarze, glänzende, unschmelzbare, in Wasser, nicht aber in Alkohol lösliche, geschmacklose Substanz (*Caramel*) über, welche, noch stärker erhitzt, eine glänzende, poröse Kohle hinterläßt. Er löst sich leicht in Wasser und um so leichter in Weingeist, je mehr dieser Wasser enthält. Er verbindet sich mit mehreren Basen, reducirt Metalloxyde, wird durch verdünnte Schwefelsäure in Krümelzucker und Humus, durch Salpetersäure in Sauerkleesäure und Zuckersäure verwandelt. Durch Arsensäure färbt sich Zuckersyrup nach einigen Stunden rosen-, dann purpurroth, die Färbung wird durch Säuren und Alkalien nicht verändert.

Man erkennt den Rohrzucker leicht 1) am Geschmack, 2) an der Fähigkeit, mit Hefe in Weingeist überzugehen unter Entwicklung von Kohlensäure, aus deren Menge er sich auch annähernd quantitativ bestimmen läßt, 3) an seinem Verhalten zu Kupferoxydhydrat (s. S. 312), am deutlichsten aber 4) mittelst der Probe von Pettenkofer: Man entfernt durch Kochen mit Weingeist etwa vorhandenes Albumin, überzeugt sich durch Jod von der Abwesenheit des Stärkmehls, welches bei dieser Probe ebenso reagirt, wie Zucker, und wovon derselbe dann erst durch Eintrocknen und Ausziehen mit Weingeist zu trennen wäre, zersetzt dann eine wässrige Lösung von Ochsen-galle allmählig (damit die Temperatur nicht viel über 60° C. steige) mit concentrirter Schwefelsäure, bis sich der Anfangs entstehende Niederschlag wieder aufgelöst hat, gießt dann etwas von der auf Zucker zu prüfenden Flüssigkeit zu und schüttelt um. Ist auch nur sehr wenig Zucker vorhanden, so tritt je nach seiner Menge eine schwächere oder stärkere violettrothe Färbung ein. Diese Probe ist noch empfindlicher, als die mit Kupferoxydhydrat, auch wirken hier nicht etwa vorhandene Ammoniaksalze störend, deren durch Alkali frei gewordenen Ammoniak das Kupferoxydul lösen könnte, so daß man gar keinen Niederschlag erhält.

---

unkrystallisirbaren Zuckers. über die Veränderungen des in Wasser gelösten Zuckers bei verschiedenen Temperaturen vgl. Soubeiran, Journ. de pharm. 1842. S. 1—14 u. 89—104, oder pharm. Centralbl. 1842. S. 520—525 u. 527—530.

Der Rohrzucker unterscheidet sich vom Krümelzucker durch seine leichte Krystallisirbarkeit und weit intensivere Süße. Die chemische Unterscheidung von anderen Zuckerarten s. S. 312 und 313.

Sein Gebrauch zum Versüßen der Speisen und Getränke und zum Aufbewahren von Pflanzen- und Thierstoffen ist bekannt.

Der Krümelzucker, Trauben-, Frucht- oder Stärkmehlzucker Krümelzucker  
 $C_{12}H_{22}O_{11}$  findet sich in vielen süßen Früchten, Weintrauben, Feigen, Aprikosen, Äpfeln, Birnen, Pflaumen, Johannisbeeren, Himbeeren, Wachholderbeeren, im Honig u., die ihm ihren süßen Geschmack verdanken, im Honig der Bienen, im Blute der Thiere und im Harn der Harnruhrkranken. Künstlich erhält man ihn durch Behandlung von Stärkmehl mit verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure, mit Malz oder Diastase. Er krystallisirt mit 2 Atomen Wasser selten in kleinen vierseitigen Tafeln, gewöhnlich in blumenkohlartig gruppirten Blättchen, er schmeckt mehlig und  $2\frac{1}{2}$  Mal weniger süß, als der gemeine Zucker, löst sich in etwas mehr als seinem gleichen Gewichte kaltem Wasser, auch in Weingeist ist er schwieriger löslich, als der gemeine Zucker. Er schmilzt schon bei  $100^{\circ}$  C. unter Wasserverlust, zieht aber das verlorne bald wieder aus der Luft an und erstarrt damit zur körnigen Masse, er geht schon bei  $104^{\circ}$  in Caramel über.

Man erkennt den Krümelzucker wie den Rohrzucker. Über die Unterscheidung desselben vom Rohrzucker und andern Substanzen s. S. 312.

Er wird gleichfalls als Versüßungsmittel, häufiger aber zur Erzeugung des Weins, Biers und Branntweins benutzt.

Der Milchzucker kommt im Pflanzenreiche nicht vor.

Der Mannazucker, Schwammzucker oder Mannit  $C_6H_{12}O_6$  Mannazucker.  
 bildet den Hauptbestandtheil der Manna, einer bräunlichgelben, schwach flebrigen Masse, die aus mehreren Eschenarten, namentlich der Mannaesche, und aus den Lerchenbäumen ausschwißt. Auch in einigen Schwämmen und Algen, in den Quecken- und Selleriewurzeln findet er sich.

Er entsteht wahrscheinlich durch Zersetzung von Rohr- oder Traubenzucker in den Pflanzen. So entsteht er z. B. aus dem Saft der Runkelrüben oder Zwiebeln, wenn er bei einer höheren Temperatur gährt (s. Schleimgährung) und bei der Umwandlung des Stärkmehls in Traubenzucker durch Schwefelsäure. Nach Mitscherlich enthalten selbst Manna liefernde Pflanzen, wie *Tamarix gallica* var. *mannifera* Ehrenb. gar keinen Mannit, sondern nur Traubenzucker, daher auch der Streit über den Mannitgehalt der Queckenwurzel, worin Pfaff Mannit fand und dessen Extrakt Wölfer voll Krystalle sah, die sich als Mannit erwiesen, während ihn Andere darin nicht finden konnten.

Man erhält ihn durch Ausziehen der Manna mit Weingeist. Er krystallisirt leichter als alle anderen Zuckerarten und zwar in dünnen, farblosen, vierseitigen Prismen, schmeckt schwach süß, ist leicht löslich in Wasser, schmilzt bei  $100^{\circ}$  C. ohne Wasserverlust, wird durch verdünnte Säuren nicht in Krümelzucker, durch Salpetersäure aber in Oxal- und Zuckersäure, nicht aber in Schleimsäure verwandelt. Mit concentrirter Arsensäure färbt

er sich ziegelfroth. Von den anderen Zuckerarten unterscheidet er sich vorzüglich durch seine Gährungsunfähigkeit und das beim Vertritt (S. 313) angegebene Verhalten.

Er hat im reinen Zustande noch keine Anwendung gefunden, wohl aber die ihn enthaltende Manna als Arzneimittel.

### Fette.

Seite.

Man versteht unter Fett eine große Menge von Stoffen, welche sowohl im Pflanzen-, als im Thierreiche häufig vorkommen und in ihrer chemischen Zusammensetzung darin übereinstimmen, daß sie viel Kohlenstoff und Wasserstoff, wenig Sauerstoff und keinen Stickstoff enthalten. Man theilt sie nach ihrer Consistenz in flüssige Fette, oder fette Öle, in halbfeste oder schmierige Fette von Salbenconsistenz, Butterarten oder Fett im engeren Sinne, und in feste, trockene Fette, Talge und Wachsorten. Sie unterscheiden sich außer ihrer Consistenz und chemischen Zusammensetzung wenig von einander.

Sie krystallisiren in der Kälte oder aus Auflösungen in kochendem Alkohol in weißen, glänzenden Schuppen und Blättchen, sind im reinen Zustande farblos und durchscheinend, geruch- und geschmacklos, sämmtlich leichter als Wasser, machen Papier und Leinwand bleibend durchscheinend, leiten Electricität und Wärme schlecht, schmelzen meist unter 100° C. ohne Zersetzung, verflüchtigen sich aber nur im luftleeren Raume theilweise unzersezt, sie lösen sich in Wasser nicht auf, lassen sich aber mit Hülfe schleimiger Substanzen, wie Gummi, Eigelb im Wasser so vertheilen, daß sie lange lang damit gemengt (in Suspension) bleiben und eine milchige Flüssigkeit, Emulsion bilden. Ölhaltige Samen geben auch ohne Gummi mit Wasser Emulsionen, da sie außer Eiweißstoff auch Schleim (Emulsin) enthalten. Die meisten lösen sich in kochendem Alkohol auf, aus dem sie sich beim Erkalten wieder ausscheiden, alle lösen sich in Äther und flüchtigen Ölen. Sie verändern im reinen Zustande Pflanzenfarben nicht, verwandeln sich aber an der Luft allmählig in Fett Säuren, wo sie dann Lackmus röthen.

Bei der trockenen Destillation lassen sich einige derselben unverändert verflüchtigen, andere zersetzen sich dabei in verschiedene Gase, Fett Säure und andere flüssige Produkte. Sehr schnell erhitzt, oder mit glühenden Körpern zusammengebracht, verkohlen sie unter Entwicklung von Leuchtgas. Durch concentrirte Mineralsäuren werden sie meist in Fett Säuren zersetzt. Durch Alkalien und andere Dryde werden sie gleichfalls in Fett Säuren verwandelt, die sich mit den Basen verbinden (verseifen), und in einen blartigen, zuckersüßen, in Wasser löslichen, nicht krystallisirbaren Stoff, Glycerin ( $C_3H_5O$ ).

Seite Die.

Die fetten Öle gehören vorzugsweise dem Pflanzenreiche an und finden sich in den Samen vieler Pflanzen, vorzüglich in den Samenlappen mit Schleim und Eiweiß, wie beim Flachs, Hanf, Bohn, Keps, Leinbutter, bei der Sonnenblume, Mandel, Wall- und Haselnuß u., seltener

in dem die Samen umhüllenden Fleisch, wie bei den Oliven, auch in den Fruchtkernen, wie in den Weinkernen.

Um die Öle aus den Samen zu erhalten, zerquetscht man sie und Darstellung. preßt sie aus. Geschieht letzteres bei gewöhnlicher Temperatur, so erhält man das Öl nicht alles und einweißhaltig. Man preßt daher zwischen erwärmten Platten, wodurch das Eiweiß gerinnt, da aber hierbei das Öl leicht mit brenzlichen Theilen verunreinigt wird, so bewirkt man die Erwärmung mittelst Dampf. Von den Schleimtheilen und Extraktivstoff befreit man das Öl durch Ablagern, durch Salzwasser, welches den Extraktivstoff in sich aufnimmt, oder indem man es mit  $\frac{1}{2}$  —  $1\frac{1}{2}\%$  concentrirter Schwefelsäure zusammenrührt und dann etwa  $\frac{1}{4}$  Gewichtstheil Wasser zusetzt, wobei der Extraktivstoff eine unlösliche Verbindung mit der Schwefelsäure bildet und sich in Flocken absetzt. Bei chemischen Untersuchungen gewinnt und reinigt man fette Öle auch durch Auskochen mit Wasser, wobei es sich auf der Oberfläche ansammelt.

Durch künstliche Abkühlung oder durch Auflösen in kochendem Alkohol Eigenschaften. lassen sich die meisten Öle noch in drei verschiedene Fettstoffe trennen, in einen flüssigen, **Glaïn** oder **Olein**, und zwei feste, wovon der eine wachsartig: **Stearin** oder **Falgstoff**, der andere butterartig ist: **Margarin**. Aus einer Auflösung in kochendem Weingeist krystallisirt beim Erkalten zuerst das Stearin, dann das Margarin in Blättchen heraus, während das Glaïn im kalten Alkohol gelöst bleibt. Bei der Verseifung der Öle verwandeln sich dieselben in drei entsprechende Säuren: **Glaïn-** oder **Olein-** ( $C_{18}H_{36}O_2$ ), **Stearin-** ( $C_{18}H_{34}O_2$ ) und **Margarinsäure** ( $C_{18}H_{32}O_2$ ).

Das specifische Gewicht der fetten Öle steht zwischen 0,913 und 0,963, ihre Consistenz und ihr Gefrierpunkt sind sehr verschieden. Sie kommen bei 300° C. ins Kochen, entwickeln dabei Wasserdämpfe, Kohlensäure und werden später vollkommen zersezt.

Einige fette Öle, wie Lein-, Hanf-, Rohn-, Walnuß-, Sonnenblumentern-, Leindotter-, Kürbis- und Traubenkern-, Tabak-, Nocktannen-, Ricinusöl trocknen in dünnen Lagen der Luft ausgesetzt, zu einer zähen, durchscheinenden, gelblichen Masse ein, heißen deshalb **trocknende Öle** und werden auch deshalb zu Firnissen und Ölfarben verwendet. Die anderen, **nicht trocknenden**, wie das Baum- oder Oliven-, das Kohlsaaf-, Keps-, Buchecker-, Haselnuß-, Mandel-, Pflaumen-, Kirsch- und Apfelfern-, Erdnuß- und Behemnußöl verharzen sich auch an der Luft, bleiben aber stets schmierig und halbflüssig, werden sauer und ranzig.

Beim Eintrocknen und Ranzigwerden nehmen die Öle viel Sauerstoff auf, wobei sie sich oft so erhitzen, daß sie sich in Berührung mit porösen brennbaren Stoffen entzünden können und entwickeln dabei Kohlensäure und Wasserstoff.

Mit concentrirter Salpetersäure erhitzen sich manche fetten Öle gleichfalls bis zur Entzündung.

**Butter.** Die **Butterarten** oder **Fette** im engeren Sinne gehören größtentheils dem Tierreiche und nur einige wenige, wie **Palm-, Cocosnuß- und Lorbeeröl**, **Muskatnußbutter** u. dem Pflanzenreiche an. Außer ihrer Consistenz stimmen sie so ziemlich mit den Ölen überein, nur die Butter im engeren Sinne, wie sie in der Milch der Säugethiere vorkommt, besteht außer **Stearin** und **Glaïn** noch aus **Butyrin**; letztere Fettart oxydirt sich an der Luft zu **Buttersäure**, welche der Butter einen ranzigen Geruch ertheilt.

**Talg.** **Talge** heißen jene Fettarten, bei denen das **Stearin** vorwaltet. Sie kommen im Thierreiche, namentlich bei den Wiederkäuern vor. Im Pflanzenreiche findet sich jedoch ein ähnliches Fett, die sogenannte **Cacaobutter**, welche man durch warmes Auspressen der **Cacaobohnen** erhält und einen Bestandtheil der **Chocolade** ausmacht.

**Wachs.** Ein anderes festes Fett, welches sich schon in seinem Äußeren vom Talg durch seine größere Härte und von allen übrigen Fettarten dadurch unterscheidet, daß es sich weit weniger schmierig, fettig, sondern mehr klebrig anfühlt, ist das **Wachs**. Es findet sich mit Harz, **Chlorophyll** und anderen Stoffen gemengt häufig im Pflanzenreiche, wo es die glänzenden Überzüge der Blätter, Stengel und Früchte, der **Blamensaub** u. enthalten. Besonders reichlich findet es sich in der Rinde der **Wachspalme** (*Ceroxylon andicola*), in den Beeren des **Wachstrauches** (*Myrica cerifera*) u. dgl. Das **Wachs** der Bienen ( $C_{15}H_{31}O_2$ , Gerhardt) schmilzt zwischen den Rauchringen derselben aus, ist aber durch den Lebensprozeß fast gar nicht verändert. Übrigens haben Beobachtungen nachgewiesen, daß die Bienen auch **Wachs** aus ganz reinem Honig erzeugen.

Man gewinnt das **Wachs** meist durch Auskochen des **Bienenwachses**, Umschmelzen und Bleichen an der Sonne. Aus den **Wachholderbeeren** und den Knospen der **Schwarzpappel** erhält man **Wachs** durch Auskochen mit **Weingeist**.

Beim Behandeln des **Bienenwachses** mit kochendem **Alkohol** bleibt **Myricin**, ein unverseifbares, erst in 200 Theilen kochendem **Alkohol** lösliches **Wachs** zurück. Das in 16 Th. kochendem **Alkohol** lösliche **Cerin** fällt beim Erkalten nieder, und bildet mit **Alkali** eine **Seife**, die **margin-** und **öl-saures Alkali** und **Cerain** enthält.

Das **Pflanzenwachs** ist weicher, leichter schmelz- und verseifbar als **Bienenwachs**. Es enthält kein, oder sehr wenig **Myricin** und löst sich daher vollständig in kochendem **Alkohol**.

Das **Wachs** löst sich nicht in kaltem, aber in 10 Th. kochendem **Äther** und in erwärmten **ätherischen** und **fetten Ölen** auf.

Untersuchungen über verschiedene **Wachsarten** von Lemy s. Ann. de Chim. et de Phys. III. Sér. Tom. 13. S. 438—460; pharm. Centralbl. 1845. S. 417—422; über **Bienenwachs** von Gerhardt l. c. 15. S. 236—249; l. c. S. 841—844.

Ätherische oder flüchtige Öle.

Die ätherischen oder flüchtigen Öle kommen vorzugsweise im <sup>Ätherische</sup> Pflanzenreiche vor, nur wenige derselben im <sup>Öle.</sup> Thierreiche und Mineralreiche. <sup>Vorkommen.</sup> Sie finden sich theils in einzelnen, theils in allen Theilen gewisser Pflanzen, in Wurzeln, Rinden, Blüten (Kelchen, Blumenblättern), Samen, Schalen der Früchte, in kleinen Bälgen, Schläuchen eingeschlossen, in den Kernen und Blättern. In einer Pflanze kommen in verschiedenen Theilen oft verschiedene flüchtige Öle vor. Sie ertheilen den Pflanzen ihren eigenthümlichen Geruch. Im Thierreiche bilden sie noch wenig untersuchte Riechstoffe und im Mineralreiche ist besonders das Steinöl bemerkenswerth, welches an manchen Orten aus dem Boden hervorquillt.

Einige entstehen durch trockene Destillation, wie die empyreumatischen oder brenzlichen Öle.

Die meisten ätherischen Öle werden durch Destillation der ölhaltigen <sup>Darstellung.</sup> Pflanzenstoffe mit Wasser erhalten. Man übergießt die frische oder trockene Substanz mit 8—10 Gewichtstheilen Wasser und destillirt den größten Theil desselben ab, oder man leitet Wasserdämpfe über die zuvor mit Wasser macerirten Substanzen. Das in der Vorlage erhaltene Wasser erscheint milchig, indem es das bei höherer Temperatur aufgenommene Öl wieder größtentheils abscheidet, und man findet später letzteres je nach seinem specifischen Gewichte auf der Oberfläche oder unter dem Wasser angesammelt. Nur wenige ätherische Öle können durch Auspressen erhalten werden.

Die meisten ätherischen Öle sind bei gewöhnlicher Temperatur tropfbar <sup>Eigenschaften.</sup> flüssig, nur wenige, wie der Kampher, fest, oder butterartig, wie das Weisfuß-, Kamillen- und Hollunderblütenöl, aber dann leicht schmelzbar; die meisten sind frisch bereitet gelblich gefärbt oder farblos, wie das Serpentin- und Wachholderöl, manche gelb, wie das Kümmel- und Kalmusöl, braun, wie das Nelken- und Spanischhopsenöl, roth, wie das Krausemünz- und Sadebaumöl, oder grün, wie das Salbei- und Bermuthöl, am seltensten, wie das Kamillen-, Schafgarben- und Bohlverleih- (*Arnica montana*) Öl, blau. Sie besitzen alle einen ausgezeichneten Geruch und scharfen brennenden Geschmack und fühlen sich nicht wie die fetten Öle schlüpfrig, sondern rauh an. Sie erzeugen auf Papier und Leinwand einen durchscheinenden Fleck, der aber beim Erwärmen verschwindet. Die meisten sind leichter, einige aber schwerer als Wasser. In der Kälte scheiden sich die meisten in eine feste Substanz; Stearopten und eine flüssige, Gläopten, welche selbst bei strenger Kälte nicht gefriert. Bei Manchen ist das Stearopten so vorschwindend, daß sie bei gewöhnlicher Temperatur fest sind. Das Anisöl gefriert bei + 100° C., wird aber erst bei + 17° wieder flüssig, das Rosenöl schmilzt erst bei + 28 bis 30°. Bei Andern fehlt das Gläopten ganz, welche dann oft erst weit über dem Wassersiedepunkt schmelzen. Sie heißen Campher.

Im Wasser sind sie etwas löslich, so daß sie ihm ihren eigenthümlichen Geruch ertheilen, im wässerigen Weingeist lösen sie sich nur, wenn sie sauer-

stoffhaltig sind und zwar um so leichter, je mehr Sauerstoff sie enthalten; in absolutem Alkohol, Äther, fetten Ölen und in concentrirter Essigsäure lösen sie sich leicht; sie lösen Fette, Harze, einige Farbstoffe, Pflanzenbasen und in der Wärme auch Schwefel und Phosphor auf, scheiden aber letztere beim Erkalten wieder aus. Die meisten siedem erst bei  $150-160^{\circ} \text{C.}$ , lassen sich aber mit Wasserdämpfen schon bei niedrigeren Temperaturen verflüchtigen.

Für sich destillirt werden sie zum Theil zersetzt. Durch die Einwirkung des Lichtes und der Luft werden die meisten unter Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureentwicklung dunkler, dickflüssiger, verlieren von ihrem Geruch und verwandeln sich in Essigsäure, Benzoesäure und Harz. Sie lassen sich leicht entzünden, manche selbst durch Chlorgas und rauchende Salpetersäure, und verbrennen mit heller, stark rauchender Flamme. Durch Kochen mit concentrirter Salpetersäure verwandeln sie sich in Sauerflessäure und Benzoesäure, durch Schwefelsäure in eine schwarzbraune harzige Masse, mit Salzsäure bilden einige, wie Terpentin- und Citronenöl, feste Verbindungen, zu Basen haben sie geringe Verwandtschaft, von mehreren aber wird Ammoniakgas verschluckt.

Nach ihrer chemischen Zusammensetzung theilt man sie in sauerstofffreie, sauerstoffhaltige und schwefelhaltige.

Sauerstoff-  
freie ätheri-  
sche Öle.

Die sauerstofffreien ätherischen Öle sind sämmtlich unter einander polymer in dem Verhältnisse von 8 Atomen Wasserstoff zu 5 At. Kohlenstoff, und hiervon wieder drei isomer, nämlich das Terpentinöl<sup>1)</sup>, Wachholderöl und das ätherische Öl des Birkentheers =  $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$  und diese demnach polymer mit Peterfilien-, (Löwig und Weidmann<sup>2)</sup>) Sadebaum-, Citronen- und Copaivabalsamöl, welche gleichfalls unter sich isomer sind, nämlich =  $\text{C}_8\text{H}_8$ . Auch das indifferente Nelken- und Baldrianöl, das Öl der Pomeranzenblüten und -Schalen, das Apfelsinen- und Pfefferöl gehören zu dieser Gruppe. Das Steinöl kommt von verschiedener Zusammensetzung vor, so ist das weniger flüchtige von 0,836 specifischem Gewicht =  $\text{C}_8\text{H}_8$ , das flüchtigere von 0,794 specifischem Gewicht =  $\text{CH}_2$ . Einige anderen sind Produkte der trockenen Destillation.

Das Terpentinöl, welches man durch Destillation des aus der Rinde der Lerchenbäume schwebenden dickflüssigen Harzes (venetianischer Terpentin) mit Wasser erhält, wird als das wohlfeilste von allen ätherischen Ölen vorzüglich zum Auflösen der Harze zu Firnissen, zum Verdünnen der Firnisse bei der Ölmalerei, zum Fleckausmachen und in der Medicin häufig benutzt. Über seine Anwendung zur Beleuchtung vgl. Anwendung des Alkohols und S. 108.

1) Über das ätherische Öl des Pinus Abies, welches unter Umständen in Terpentinöl überzugehen scheint und ebenfalls eine Kohlenwasserstoffverbindung ist, vgl. die Untersuchung von Gottschalk in den Annalen der Chem. u. Pharm. 47. S. 237-238; pharm. Centralbl. 1843. S. 735.

2) Nach Blanchet und Sell ist das Peterfilienöl sauerstoffhaltig =  $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$ .

Zu den sauerstoffhaltigen gehören die meisten der ätherischen Öle, wie das Dill-, Fenchel-, Anis- ( $C_{10}H_{12}O$ , Blanchet und Sell) und Kümmelöl in den Samen von *Anethum graveolens*, *A. Foeniculum*, *Pimpinella Anisum* und *Carum Carvi*, das Kamillen-, Schafgarben-, Rainfarn-, Lavendel-, Spiel-, Lindenblüten- und Rosenöl aus den Blüten, das Esdragon- ( $C_{24}H_{32}O_2$ , Laurent), Krausemünz-, Pfeffermünz- ( $C_{21}H_{30}O_2$ , Kane), Majoran-, Dosten- (*Origanum vulgare*,  $C_{50}H_{80}O$ , Kane), Melissen-, Rosmarin-, Salbei-, Thymian-, Rauten- ( $C_{28}H_{36}O_2$ ) und Bermuthöl ( $C_{20}H_{16}O_2$ , Leblanc) aus den Blättern oder der ganzen Pflanze und das Beifuß-, Baldrian- und Kalmusöl aus der Wurzel der entsprechenden Pflanzen.<sup>1)</sup> Das Bittermandelöl ( $C_{14}H_{12}O_2$ ), dessen Präexistenz man früher in vielen Pflanzen annahm, ist, wie die meiste Blausäure aus diesen Pflanzenstoffen, gewöhnlich ein Zersetzungsprodukt des Amygdalins bei der Destillation unter Mitwirkung eines anderen Stoffes, des Emulsins. Man muß daher in allen Blausäure und Bittermandelöl liefernden Pflanzen, wie die Drupaceen, statt Blausäure und Bittermandelöl bloß die Gegenwart von Amygdalin und Emulsin annehmen. Vgl. unter Amygdalin.

Die meisten dieser Öle finden Anwendung in der Medicin, Liko- und Parfümfabrikation.

Der Kampfer  $C_{10}H_{16}O$  findet sich in dem Holze der Kampferbäume, er setzt sich bei der Destillation desselben mit Wasser an das im Destillirhelm befindliche Stroh fest und wird mit Kalk gemengt durch wiederholte Destillation gereinigt. Er bildet eine durchscheinende farblose Masse, welche bei  $+ 175^{\circ}$  C. schmilzt, bei  $204^{\circ}$  siedet, wobei sie ohne Rückstand sublimirt, er krystallisirt in Nadeln, löst sich wenig in Wasser, leicht in Alkohol, Aether, flüchtigen und fetten Ölen, in Säuren, nicht aber in Basen auf.

Eine äußerst scharfe Kampferart ist das Cantharidin ( $C_{10}H_{12}O_4$ , Cantharidin. Regnauld), das blasenziehende Princip der spanischen Fliegen und der Gattung *Meloe*.

Aus der Birkenrinde läßt sich ein in sehr zarten weißen Nadeln krystallisirender Kampfer, der Birkenkammer oder das Betulin  $C_{40}H_{66}O_2$  sublimiren<sup>2)</sup>, der die Rinde mit einer wolkenartigen Efflorescenz überzieht, wenn man ein Stückchen davon auf den Ofen legt. Er besitzet einen angenehmen Geruch, ist unlöslich in Wasser, löslich in wässrigem Alkohol, Aether und flüchtigen Ölen und macht einen Bestandtheil des Birkentheers und Birkenbrandöls aus, das in der Zerstengerberei benutzt wird.

Auch die Tabakpflanze, *Nicotiana* enthält eine Art Kampfer, Nicotianin, Anemonin, Anemonen- oder Pulsatillenkammer, welches

1) Die meisten flüchtigen Öle sind entweder noch nicht auf ihre Zusammensetzung untersucht, oder es ist bloß die ihres Stearoptens ermittelt.

2) Über die Darstellung und Untersuchung des Betulins vgl. Hess im Journ. f. prakt. Chem. 16. S. 161; pharm. Centralbl. 1839. S. 178.



sich im Tabakrauch findet, ebenso *Anemone pulsatilla*, *nemorosa* und *pratensis* und die Haselwurz, *Asarum europaeum*, der Haselwurz-Kampfer (*Asarin*) von der Zusammensetzung  $C_8H_8O$ .

Cumarin.

Das **Cumarin** (Tonka- oder *Melilotus stearopten* oder -Kampfer)  $C_{11}H_{12}O_4$  (Weibtreu), so genannt von Coumarou, dem französischen Namen des Tonkabohnenbaums, weil man es in der Tonkabohne zuerst fand, ist ein in weißen, 4seitigen Nadeln krystallisirendes ätherisches Öl von vanilleähnlichem Geruch, welches bei  $+ 50^\circ C.$  schmilzt. Es ist das riechende Princip, welches dem Ruchgras (*Anthoxanthum odoratum*) und wahrscheinlich auch dem *Holcus odoratus* und anderen wohlriechenden Grasarten, denen man den angenehmen Geruch des Heues zuschreibt, seinen gewürzhafteu Geruch, der Tonkabohne und dem Steinklee (*Melilotus officinalis*) ihren Vanillegeruch und dem besonders am Rhein so beliebten, aus Waldmeister (*Asperula odorata*) bereiteten Maitrant oder Maitwein sein treffliches Aroma verleiht, während man früher dieses krystallisirende riechende Princip für Benzoesäure hielt.

Schwefelhaltige ätherische Öle.

Schwefelhaltige, ätherische Öle sind das Senföl ( $C_6H_{10}N_2S_2$  Will.)<sup>1)</sup>, im schwarzen Senf, Meerrettig, Löffelkraut und Knoblauchsraut (*Alliaria officinalis*), das Stinkasant-, Knoblauch- ( $C_6H_{10}S$  Berthheim)<sup>2)</sup>, Zwiebel-, Kressen- (*Lepidium sativum*, *L. ruderales* L. und *Lep. campestre* Br.), Capuzinerkressen-, Wasserpfeffer- (*Polygonum hydropiper*), Aron- (*Arum maculatum*) und Hopfenöl, das Öl von *Raphanus sativus* L. (Same und Wurzel), von *Brassica Napus* L., *Cochlearia Draha* und *Cheiranthus annuus* L. Kraut und Samen von *Thlaspi arvense*. Wurzel und Samen von *Alliaria officinalis* enthalten nach Pless ein Gemenge von Senf- und Knoblauchöl. Sie sind sehr flüchtig, reizen die Augen zu Thränen, schmecken brennend scharf, röthen die Haut, ziehen Blasen und sind schwerer als Wasser.

## Harze.

Harze.  
Vorkommen.

Die Harze gehören zu den im Pflanzenreiche am weitesten verbreiteten Stoffen, wie sie ihm denn auch vorzugsweise angehören, sie finden sich in allen Theilen der Pflanzen, namentlich den ausdauernden, doch kommen sie auch im Thierreiche vor, die fossil gefundenen Harze scheinen indeß ihren Ursprung der Färgung untergegangener Pflanzen zu verdanken. Außerdem entstehen auch Harze durch Einwirkung von Säuren oder höherer Temperatur auf organische Körper.

Darstellung.

Sie fließen in Verbindung mit ätherischen Ölen, welche theils verbundenen, theils durch Sauerstoffabsorption sich gleichfalls in Harze verwandeln,

1) Die Bildung des Senföls s. unten bei Myrosyn.

2) Das Knoblauchöl kann auch durch Färgung des Senföls mittelst Kalium durch Entziehung der Elemente von Schwefel und Cyan erhalten werden:

$$2 (C_6H_{10}N_2S_2) K =$$

$$2 (C_6H_{10}S) K (C_2N_2S)_2 \text{ oder } K^2YS. \quad \text{Gerhardt.}$$

entweder von selbst aus den Bäumen und Sträuchern der heißen und milden Himmelsstriche aus gemachten Einschnitten, oder man zieht sie mit Weingeist aus den harzigen Pflanzentheilen aus, schlägt sie durch Wasser nieder und erhält sie dann durch Abdestilliren des Weingeists und Trocknen in festen Massen.

Da alle Harze Sauerstoff enthalten, und sehr viele ätherischen Öle sich an der Luft verharzen, indem sie Sauerstoff aufnehmen, so scheinen auch die Harze sich durch Aufnahme von Sauerstoff aus ätherischen Ölen gebildet zu haben, doch dürften sie wohl nicht geradezu als Dryde der flüchtigen Öle zu betrachten sein, sondern es ist wahrscheinlich, daß auch eine gewisse Menge von ihrem Wasserstoff dabei mit Sauerstoff Wasser bildet, welches sich als solches abscheidet oder mit dem neu entstandenen Dryd in Verbindung bleibt<sup>1)</sup>.

Entstehung  
der Harze.

Die verschiedenen Harze stimmen in folgenden Eigenschaften überein: Eigenschaften.  
Sie sind theils fest und mäßig hart, brüchig, wenigstens in der Kälte pulverisierbar, theils weich, schmierig von Honigconsistenz durch beigemengte flüchtige Öle, und heißen dann **Weichharze** oder **Balsame**. Sie sind amorph, nur selten krystallisierbar, von 0,93 — 1,20 specifischem Gewicht, leiten die Elektricität nicht, werden durch Reiben stark elektrisch, sind theils farblos, gelb, braun, grün, theils durchsichtig, theils durchscheinend, theils undurchsichtig. Im reinen Zustande sind sie ohne Geruch und Geschmack, gewöhnlich aber besitzen sie vermöge eines Gehaltes an ätherischem Öl einen eigenthümlichen Geruch und durch diese und andere Beimengungen auch einen scharfen, tragenden oder bitteren Geschmack. Sie schmelzen bei mäßiger Wärme und werden dabei fadenziehend, bei trockener Destillation liefern sie außer den gewöhnlichen Zersetzungsprodukten eigene Säuren (Brand-säuren), sie brennen angezündet mit heller, stark rauchender Flamme, sind im Wasser unlöslich, obgleich sie selbst Wasser zu binden vermögen. Viele lösen sich in Weingeist und Holzgeist auf, einige nur in heißem, andere auch in kaltem, wieder andere nur in absolutem Alkohol, mehrere lösen sich auch in Äther, die meisten in Terpentinöl, Steinöl und anderen ätherischen Ölen. Fette Öle verbinden sich meist leicht mit geschmolzenen Harzen. Schwefelkohlenstoff löst die Harze leicht. Die geistigen und ätherischen Auflösungen röthen meist Lackmus, werden durch Wasser milchig getrübt, der abgelagerte Niederschlag enthält Wasser, ist weich und knetbar, wird aber beim Trocknen härter und spröde, Mineralsäuren bewirken einen noch reichlicheren Niederschlag. Von concentrirter Schwefelsäure werden sie kalt ohne Veränderung gelöst, beim Erhitzen aber in eine kohlige Masse verwandelt nebst etwas künstlichem Gerbstoff, concentrirte Salpetersäure bildet unter Anderem gleichfalls künstlichen Gerbstoff, zuweilen auch Oxalsäure. Von Salz- und Essigsäure werden einige unverändert gelöst. Die

1) Vgl. Liebig's Handb. d. organ. Chemie mit Rücksicht auf Pharmacie. Heidelberg 1843. S. 468—470.

meisten bilden mit Alkalien **Harzseifen**, aus denen sie durch Säuren wieder unverändert abgeschieden werden.

**Weichharze.** Die Weichharze oder Balsame besitzen einen ausgezeichneten, starken Geruch und scharfen, aromatischen Geschmack, verlieren der Luft ausgesetzt einen großen Theil ihres ätherischen Ols, während sich ein anderer Theil desselben oxydirt und verharzt, und erhärten dadurch. Bei der Destillation liefern sie ätherisches Öl unter Zurücklassung von Harz.

**Terpentin** Es gehört hierher außer mehreren ausländischen Weichharzen, wie der flüssige Storax, Peru-, Copaiva-, Tolu- und Meßlabalsam der **Terpentin**, oder wie ihn die Techniker bisweilen im Gegensatz zum Terpentinöl heißen, welches sie gleichfalls Terpentin nennen, der fette Terpentin, welcher aus den Einschnitten fließt, die in den Stamm verschiedener Nadelhölzer gemacht werden. Er bildet eine honigartige, farblose, gelbliche oder graulich-, röthlich-, oder grünlichgelbe, durchsichtige oder trübe Flüssigkeit von nicht unangenehm gewürzhaftem Geruch und erwärmend-, scharfbitterlichem Geschmack, welche beim Eintrocknen weißes Harz oder **Salipot** hinterläßt. Er löst sich in starkem Weingeist, Äther und ätherischen Ölen vollständig auf. Von Ammoniak wird er in zwei Harze zerlegt, wovon das eine in kaltem, das andere in heißem Steinöl löslich ist. Bei der Destillation geht Terpentinöl über und Harz bleibt zurück. Die vorzüglichsten Arten desselben sind:

**gemeiner,** Der **gemeine Terpentin** aus Tannen und Fichten, *Pinus sylvestris* und *P. Abies*. Er ist dickflüssig, graugelb und trübe, und besteht hauptsächlich aus zwei Harzen und 5—25% Terpentinöl. Letzteres wird durch Destillation abgeschieden. Aus dem Rückstande zieht 72procentiger Weingeist in der Kälte zwei Harze aus, nämlich **Alphaharz** oder **Pininsäure**  $C_{10}H_{10}O_2$ , eine unkrystallinische, in ihren Auflösungen sauerreagierende Masse und die sehr kleine Menge eines dritten Harzes, **Gammaharz**, welches nicht, wie die beiden anderen, in Steinöl löslich ist und nicht sauer reagirt. Der Rückstand ist das **Betaharz** (**Sylvinsäure**) gleichfalls  $C_{10}H_{10}O_2$ , welches aus seinen Auflösungen in großen farblosen, rhombischen Prismen krystallisirt, nach Laurent in dreiseitigen Tafeln, wodurch sie sich vor allen anderen Körpern auszeichne. Nach demselben ist **Pimarsäure** die ursprüngliche Säure, welche sich unter gewissen Umständen in Pininsäure und Sylvinsäure zerlege.

Der gemeine Terpentin wird vorzugsweise auf dem Franken-, Thüringer- und Schwarzwald gewonnen.

**französischer,** Der **französische Terpentin** von *Pinus maritima* ist minder dickflüssig, härt sich durch Ablagern, gibt durch Destillation 12% Terpentinöl und wird im südlichen Frankreich, namentlich bei Bordeaux gewonnen.

**venetianischer,** Der **venetianische Terpentin** vom Lerchenbaum, *Pinus Larix*, ist noch dünnflüssiger, blassgelb, klar, von fast citronenähnlichem Geruch, liefert 18—24% Terpentinöl und wird in Syrien, Norditalien und Südfrankreich gewonnen.

Der elssaffer oder **Straßburger Terpentin** von *Pinus picea* ist sehr elssaffer, flüchtig, hellgelb, von angenehmem Geruch und gibt 34—35% Terpeninöl.

Dem **Straßburger** gleicht der **Carpathische** und **ungarische Terpentin**, ersterer von *Pinus Cembra*, letzterer von *Pinus mugha*.

Man braucht den Terpentin zum Weichmachen harziger Mischungen, namentlich zu Siegellack, Kitt, Pflastern, Salben, Harzseifen, zur Darstellung des Terpeninöls, Kolophoniums etc.

Auch der **Vogelleim** (*Viscin*) gehört zu den Weichharzen. Um Vogelleim. ihn zu erhalten, kocht man Mistelbeeren (*Viscum album*), bis sie plagen, zerstoßt sie dann, schlemmt die Hülfsen mit kaltem Wasser ab, der Rückstand ist Vogelleim. Auch das Kraut wird dazu benutzt. Die Gewinnung findet im März statt. In Frankreich siedet man Vogelleim aus der inneren Rinde der Stechpalme (*Ilex Aquifolium*), setzt sie in Fässer gepackt einer anfangenden Gährung aus, zerstoßt sie und befreit sie durch kochendes Wasser von Schleim und Bitterstoff.<sup>1)</sup> Der Vogelleim ist eine zähe, dickflüssige, grünliche Masse von bitterem Geschmack und unangenehmem Geruch, erhärtet in dünnen Lagen an der Luft, schmilzt leicht, löst sich in heißem Alkohol, Äther, flüchtigen Ölen und auch etwas in Essigsäure. Eine ähnliche Masse schmilzt aus den jungen Zweigen der *Robinia viscosa* freiwillig aus und überzieht dieselben.

Nach Zeller erhält man aus den behufs der Latwergengewinnung durch Auspressen vom Safte befreiten Stachelbeeren (*Sambucus Ebulus*) durch mehrmaliges Auskochen mit Wasser, bis letzteres farblos abläuft, und nachheriges gelindes Erhitzen, um das Wasser zu entfernen, einen Vogelleim, welcher in allen seinen Eigenschaften fast ganz mit dem aus *Viscum album* übereinstimmt. Künstlicher Vogelleim ist gewöhnlich eingekochtes Leinöl (Buchdruckerleim), auch eine Mischung von Zinkchlorid und Leim kann dazu verwendet werden, wo ersteres durch fortwährendes Wasseranziehen aus der Luft das Austrocknen des Leims verhindert.

Von den **harten Harzen** sind vorzüglich das **Fichtenharz** und **harte Harze**. das **Kolophonium** für unseren Zweck von Wichtigkeit, da die übrigen technisch anwendbaren Harzharze keine Erzeugnisse unserer Gegenden sind und das Vech bei den Produkten der trockenen Destillation seinen Platz findet.

Das **Fichtenharz**, oder das an den Fichten und Tannen durch Eintrocknen des Terpenins entstandene Harz ist gelblichweiß, riecht stark nach Terpentin, ist etwas knetbar, durchscheinend und besteht aus Pinin- und Eshloinsäure (vgl. gemeiner Terpentin S. 326), mehreren indifferenten Harzen und 10—15% ätherischem Öl. Pelletier und Walter erhielten bei der Destillation des Fichtenharzes außer Naphthalin 4 eigenthümliche Kohlenwasserstoffverbindungen, während das Fichtenharz selbst eine sauerstoffhaltige Substanz ist<sup>2)</sup>.

1) Mehr hierüber in Thenard's Lehrb. der theoret. und prakt. Chemie. Leipzig. 1828. 4. Bd. S. 1347.

2) Vgl. Poggendorff's Ann. d. Phys. u. Chem. 44. S. 81—110; pharm. Centralbl. 1838. S. 566.

## Kolophonum

Das **Kolophonum** oder **Geigenharz**, der bei der Destillation des Terpentinöls aus dem Terpentin bleibende Rückstand, ist eine braungelbe, durchsichtige, glasglänzende, brüchige, harte Masse von 1,07 bis 1,08 specifischem Gewicht, wird bei  $+ 70^{\circ}$  C. weich, schmilzt bei  $135^{\circ}$ , besteht vorzugsweise aus Pininsäure, wenig Sylvin- und Kolophonsäure, und zwar um so mehr, je dunkler es gefärbt ist, und aus Brandöl. Bei der trockenen Destillation hinterläßt es nur  $\frac{3}{4}\%$  Kohle, während die beim Fichtenharz erwähnten Kohlenwasserstoffverbindungen entweichen.

## Bachholderharz.

Das **Bachholderharz**, welches auch deutscher Sandarach genannt wurde, weil man lange Zeit den Sandarach vom Bachholder ableitete, während der ächte Sandarach von der *Thuya articulata* in der Bereiheri abstammt, findet sich unter der Rinde des gemeinen Bachholders, *Juniperus communis*, und, namentlich in Schweden, auch nicht selten in Ameisenhaufen, wird aber jetzt wenig mehr benutzt.

## Anwendung der Harze.

Die Hartharze werden theils, wie vorzüglich Weihrauch, Storax, Benzoe, zu Räucherpulver benutzt, theils wie Copal, Dammar, Mastix, Sandarach, Gummilack, zu Lackfirnissen, letzterer auch zur Tischlerpolitur und besonders zu Siegellack, das Fichtenharz zur Leuchtgasbereitung, zum Pflastern, Dachdecken, Löthen, zu Firnissen, Kitten, Harzseifen u., das Kolophonium in Verbindung mit Theer zu ähnlichen Zwecken.

## Firnisse.

Die **Firnisse**, oder vielmehr Lackfirnisse oder Lacke, weil die Techniker unter Firniß gewöhnlich den Leinölfirniß (mit Bleiglätte gekochtes Leinöl) verstehen, sind Auflösungen von Harzen in fetten Ölen, Weingeist, Terpentinöl und dergleichen, um verschiedenen Substanzen einen glänzenden, durchsichtigen oder gegen die Einwirkung der Luft schützenden Ueberzug zu geben. So erhält man nach Puzzi einen Firniß für metallische Instrumente zum Schutz gegen Drydation, wenn man in  $1\frac{1}{2}$  Pfund in einem Thongefäß mäßig erwärmtem Weingeist von  $36^{\circ}$  3 Quentchen Sandarach, ebenso viel Mastix und 1 Quentchen gereinigtes Fichtenharz auflöst, die Auflösung abgießt und in einer wohlverschlossenen Flasche aufbewahrt. Nach Zeni erhält man durch Abreiben von 80 Theilen sehr feinem Siegmehl und 20 Th. Bleiglätte mit Leinöl zur dicken Masse und Verdünnen mit Terpentinöl einen Firniß, der bei zweimaligem Anstrich das Eisen vollkommen vor Rost schützt.

## Firniß für Metallwaaren.

## Kautschuk.

Ein von den eben behandelten in vieler Beziehung abweichendes Harz ist das **Kautschuk**, Federharz oder elastische Gummi  $C_4H_6$ . Es findet sich im Milchsaft vieler einheimischen und ausländischen Gewächse, vorzüglich in dem der Urticeen, Euphorbiaceen und Apocynen. Die Milchsaft anderer Pflanzenfamilien sind sehr arm an Kautschuk, obgleich es in keinem ganz zu fehlen scheint, besonders reich daran ist die *Siphonia elastica* in Guiana in Südamerika, die *Urceola elastica* auf Sumatra und Java, *Ficus elastica* und *indica* in Ostindien und *Artocarpus incisa* in Westindien, aus denen es durch Einschnitte bis aufs Holz gewonnen wird. Der ausgeflossene Saft wird auf Thonformen gestrichen, wo er dann

Glaschen bildet, oder in dickeren Lagen auf Brettern (**Gummispieß**) und über freiem Feuer getrocknet, dessen Rauch es schwärzt. Seltener kommt der flüssige Saft selbst in den Handel, welcher nicht mit Kautschukauflösung zu verwechseln ist.

Das reine Kautschuk ist in dünnen Lagen farblos, ziemlich durchsichtig, in dickeren Stücken gelblich, von schwachem Geruch, in der Kälte hart und steif, aber nicht spröde, bei gewöhnlicher Temperatur ausnehmend elastisch, frische Schnittflächen haften bleibend luftdicht aneinander, es läßt sich am besten mit einem benähten Messer schneiden. In warmem Wasser erweicht es, quillt etwas auf und wird dadurch löslicher in seinen Lösungsmitteln; beim Trocknen nimmt es wieder seine vorige Beschaffenheit an. Es schmilzt bei  $125^{\circ}$  C. zu einer theerartigen, klebrigen Masse, die fast gar nicht wieder fest wird, liefert bei der trockenen Destillation viel flüchtiges Öl (**Kautschuköl**) und wenig Kohle. Entzündet brennt es mit leuchtender, rußender Flamme und tabakähnlichem Geruch. In Wasser, Alkohol, Säuren und Alkalien ist es völlig unlöslich, auch durch Chlorgas wird es nicht angegriffen. In Terpentinöl, Steinöl, Steinkohlenöl, Äther, Kautschuköl und Schwefelkohlenstoff schwillt es weit mehr an als im Wasser, löst sich aber nur in den drei letzten wirklich auf und bleibt nach dem Verdunsten des Lösungsmittels fast unverändert zurück. Die längere Zeit zurückbleibende Klebrigkeit kann man dem Überzug durch Bestreichen mit Seife und nachheriges Glätten benehmen.

Das Kautschuk, dessen man sich früher fast nur zum Auswischen von Bleistiftstrichen auf Papier bediente, findet jetzt eine sehr ausgedehnte Anwendung. Man fertigt daraus wasserdichte Überschuhe, elastische Röhren für chirurgischen und chemischen Gebrauch, für elastische Hosen- und Strumpfbänder u. und in Auflösung als wasserdichten Firniß für Luftkissen und Kleidungsstücke, namentlich Fußbekleidung.

Zur Herstellung solcher Überzüge erweicht man das Kautschuk gewöhnlich in einer der oben genannten Flüssigkeiten, worin es anschwillt, und zerreibt es nachher zum gleichförmigen Brei oder schüttelt es nach Anthon's Vorschlag mit kleinen Steinchen, die man nachher absegen läßt. Gewöhnlich nimmt man hierzu wegen seiner Wohlfeilheit das Terpentinöl, es muß aber völlig harzfrei sein und etwas Schwefel enthalten, um es vor dem Verharzen zu schützen, es wird daher mit Wasser rectificirt und dann kurze Zeit mit 3% gestoßenem Schwefel gekocht und dann absegen lassen. Wenn man es 1, 2 oder mehrere Mal bei höherer Temperatur über Ziegelstücken destillirt, so wird das Terpentinöl nach Bouchardat in der Art modificirt, daß es das Kautschuk wirklich auflöst und zwar fast ebenso gut als das theuere Kautschuköl. Man bringt nun das klare Öl (nicht ganz das gleiche Gewicht vom Kautschuk) auf das in kleine Stückchen zerschnittene, etwas erwärmte Kautschuk (am besten **Gummispieß**) in ein wohlverschlossenes Gefäß und rührt es nach vollständiger Erweichung zur homogenen Masse. Wird diese Masse mit starkem Weingeist versetzt, so schlägt sich das Kautschuk gallertartig nieder und wird in dieser Form sehr leicht von

Herstellung  
wasserdichter  
Überzüge für  
Seue und  
Seber.

reinem Äther zur schnell trocknenden Flüssigkeit aufgenommen. Letztere Auflösung eignet sich besonders zum Ausbessern von Gummischuhen, indem man den einzusetzenden Fied mit dieser Auflösung bestreicht. Sievier erhielt in England 1837 nachstehendes Verfahren patentirt: Man übergießt das zerschnittene Kautschuk in einer Flasche mit Ammoniakflüssigkeit und läßt es einige Monate, oder so lange, bis es vollkommen weiß geworden ist, verkorkt stehen, und destillirt dann das Ammoniak ab. Das Kautschuk bleibt im Wasser suspendirt zurück und kann in diesem Zustande beliebig eingebleicht werden, ohne sich auszuscheiden, doch darf die Masse nie bis über 100° C. erhitzt werden. Letztauf wäscht das mit Ammoniak behandelte Kautschuk mit vielem Wasser und läßt es dann einige Tage an der Luft trocknen. Hierauf löst er es ohne Anwendung von Wärme in dem Zehnfachen des Kautschukgewichts frisch destillirtem Terpentinöl auf und erhält so nach einiger Zeit eine vollkommen helle Auflösung.

Anderer weichen 1 Theil Kautschuk in 2 Theilen Äther ein und vertheilen es dann in 3 Theilen Terpentinöl.

Wasserdicke Zeuge stellt man dar, indem man zwei Blätter von Zeugen mit der kautschukbestrichenen Seite aufeinanderlegt und sie durch Walzen passiren läßt. Die Masse bleibt gewöhnlich immer klebrig und nach dem theilweise verharzten Auflösungsmittel (Terpentinöl) riechend. Man bringt daher die Zeuge in heißen starken Weingeist, welcher Harz und Öl auszieht, so daß die Masse rasch trocken und geruchlos wird.

Man wendet auch das im Handel vorkommende, von Natur noch flüssige Kautschuk zum Anstrich für Zeuge an.

Einen glänzenden, nicht klebenden, biegsamen Firniß für Zeuge erhält man durch Anschwellen des Kautschuks in rectificirtem Terpentinöl, Auflösen desselben in erdärtem, vorher mit Bleiglätte abgelohten Leinöl und Verdünnen mit Terpentinöl.

Für Lederwerk, z. B. für Schuhe, wo es nicht darauf ankommt, vollkommen trockene Anstriche zu erhalten, kocht oder schmilzt man das Kautschuk mit Leinöl oder Schweinefett, wozu verschiedene Vorschriften angegeben worden sind, z. B. 1 Pfund zerschnittenes Kautschuk wird nebst 4 Unzen Leinöl in einem Kessel unter stetem Umrühren allmählig so stark und so lange erhitzt, bis alles homogen ist, dann allmählig 30 Unzen Leinöl zugefegt und bis zum Verschwinden aller Feuchtigkeit erhitzt. Oder: 2 Loth Kautschuk in einem glastren Gefäße bei gelindem Feuer geschmolzen, 1 kleinen Eßlöffel voll Leinölfirniß zugefegt und dies alle 5 Minuten so lange wiederholt, bis 6 Loth zugefegt sind, vom Feuer entfernt, 1 Loth Fischthran und 1 Loth Terpentinöl zugefegt. — Heusler empfiehlt 4 Unzen zerschnittenes Kautschuk mit 1½ Pfund Leinöl bis zur völligen Auflösung unter Umrühren zu kochen.

Am besten scheint folgende Vorschrift: Man schmilzt gleiche Gewichte Kautschuk und Schweinefett unter Umrühren zusammen, verdünnt mit 4 Theilen Thran, wäscht das Leder zuvor mit warmem Wasser ab (weil dies die Poren besser öffnet als das Fett), und nachdem es wieder ober-

flächlich trocken geworden, streicht man obige Masse warm auf. Um Zeuge ohne Kautschuk wasserdicht zu machen, gibt Kasper folgendes Verfahren an: Man taucht dieselben in eine Auflösung von 1 Unze Leim in 1 Quart Wasser mit  $1\frac{1}{2}$  Quentchen kohlensaurem Ammoniak, trocknet und behandelt sie hinter einander mit folgenden Flüssigkeiten: einer starken Auflösung von schwefelsaurem Kali oder phosphorsaurem Natron, einer Lösung von essigsaurem Bleioryd, endlich einer Flüssigkeit, welche man aus 4 Pfd. Balzererde mit  $\frac{1}{2}$  Pfd. Kampfer und 40 Gallonen Wasser bereitet.

Schuhsohlen ohne Kautschuk wasserdicht zu machen, gibt die Deutsche allgem. Zeitschrift f. d. techn. Gewerbe 1844 an: Man erwärmt 1 Pfd. Leinölsirup und läßt  $\frac{1}{2}$  Pfd. gepulvertes Kolophonium darin auf und bestreicht die Sohlen und Nähte mehrmals damit, nachdem der vorige Anstrich immer erst wieder trocken geworden. Der letzte Anstrich wird noch frisch mit feinem Sand bestreut, mit einem Brethen festgedrückt und dann getrocknet. Solche Sohlen sollen zwar sehr steif und unbiegsam, aber wasserdicht und fast unverwundlich sein.

Ein dem Kautschuk in vieler Beziehung ähnliches Harz ist die erst seit 1843 in Europa bekannte *Gutta Percha* (spr. Vertscha) oder *Gutta Laban*, auf Java *Gettenia* genannt, nach MacLagan's Untersuchung dem Kautschuk isomer, also  $C_8H_8$ , der eingetrocknete Milchsaft eines an den Küsten von Singapore, Malacca, Borneo und der umliegenden Inseln sehr häufig wachsenden Balbbaumes, aus der Familie der Sapotaceen, woraus er durch Einschnitte in die Rinde in großer Menge gewonnen wird, eine bei gewöhnlicher Temperatur bis  $+ 45^\circ C.$  holzharte, wenig elastische, aber sehr zähe Masse vom faserigem, seidenglänzendem Gefüge, ungleich, weiß- und röthlichbraun gemengter Färbung, 0,979 specifischem Gewicht und eigenthümlichem kalt leberartigem, warm benzoeähnlichem Geruch, die jedoch vom Fingernagel Eindrücke annimmt, sich wie Kautschuk nur schwierig mit einem trockenen, leichter mit einem feuchten Messer schneiden läßt und im Handel entweder in der Form von Kupferdrehspänen oder in festen Rollen vorkommt, welche auf dem Durchschnitt einzelne Schichten erkennen lassen. In fast siedendes Wasser getaucht lassen sich zwei Stücke zu einem Ganzen vereinigen und sie bleibt bis  $55$  oder  $60^\circ C.$  so plastisch, daß sie sich in jede beliebige Form kneten läßt, welche sie beim Erkalten vollkommen behält. In höherer Temperatur verhält sie sich wie Kautschuk und liefert auch dieselben Destillationsprodukte. Sie erweicht und löst sich wie Kautschuk unvollkommen in Steinkohlennaphtha, Kautschuköl, Steinöl und überhaupt in den meisten ätherischen Ölen, sowie in Aether, vollkommen dagegen nur in warmem Terpentinöl, womit sie eine helle und farblose Flüssigkeit bildet, nicht aber in Alkohol und Wasser, und schwimmt in letzterem oben auf; auch wird sie weder von fetten, noch von sauren oder alkalischen Flüssigkeiten angegriffen. Concentrirte Schwefelsäure verkohlt sie jedoch allmählig und starke Salpetersäure verwandelt sie in ein gelbes Harz.

Sie findet eine ähnliche, nur noch viel ausgedehntere technische Anwendung als Kautschuk, da sie durch Versetzen mit Schwefel oder Kautschuk,



oder mit beiden zugleich die Elasticität des letzteren erhält, während sie für sich die Härte des Holzes besitzt. Sie hat insbesondere auch für Physik und Chemie eine hohe Wichtigkeit, namentlich weil sich so leicht Röhren und überhaupt die verschiedensten Gegenstände durch Erweichen in heißem Wasser daraus formen lassen. Um eine Röhre zu erhalten, durchbohrt man ein zusammengeknetetenes Stück von der Größe und Form eines Fingergliedes mit einem Glasstab oder Bleistift und zieht es auf demselben in die Länge. Außerdem dient sie zur Anfertigung von Stöcken, Reitpeitschen, Riemen, Seilen, Schläuchen, Eimern, Jagdbechern, Flaschen, Tröpfeln, Messerheften, Sätteln, Gürteln, Fußböden, Dachdecken, Buchdecken, Abgüssen, zum Wasserdichtmachen von Schuhen, Kamaschen, Überrocken und vielen anderen Gegenständen. Im Allgemeinen scheint sie sich sehr zum Ersatzmittel für das Leder zu eignen, indem sie dabei nicht jene Uebelstände darbietet wie das Kautschuk. Auch Bleistiftstriche nimmt sie wie Kautschuk weg.

#### Gummiharze.

**Gummiharze**, Gummiresinen oder Schleimharze heißen die an der Luft eingetrockneten Milchsäfte, welche gewisse Pflanzen, wie der Rohn, das Schöllkraut (*Cheledonium majus*), der Löwenzahn (*Leontodon taraxacum*), die Wolfsmilch (*Euphorbia*), der Salat (*Lactuca*), bei Verletzungen ausfließen lassen, weil sie meist sowohl Harz, als Gummi enthalten. Sie bilden hellgraue, gelbe, meistens bräunliche, gewöhnlich ziemlich weiche Massen, welche außer Harz und Gummi noch viele andere Stoffe, wie fettes und flüchtiges Öl, scharfe oder giftige Stoffe, Kautschuk, Extraktivstoff, Salze etc. enthalten können. Sie lösen sich in Wasser schwer und unvollständig und bilden damit milchige Flüssigkeiten, **Emulsionen**. Alkohol löst sie gleichfalls unvollständig, doch wird die Auflösung klar. Besser lösen sie wasserhaltiger Weingeist und Säuren, ziemlich vollständig, aber nur verdünnte Lösungen von Alkalien. Die technisch verwendeten sind fast alle ausländisch, wie das Ammoniakgummi, der Stinkasant, das Euphorbium und Gummigutt, die Myrrhe, der Weihrauch und das Opium.

#### Extraktivstoffe.

Mit diesem Namen bezeichnet man eine große Anzahl der verschiedenartigsten Thier- und Pflanzenstoffe, welche in weiter Nichts übereinstimmen, als daß man sie durch *Extraction* (s. S. 58) mittelst Wasser oder Weingeist aus den organischen Körpern erhält (daher *Extrakt*). Einige sind kristallisirbar, andere nicht, einige schmecken bitter, andere süß und wieder andere sind geschmacklos, viele sind gefärbt, so daß manche davon als Farbstoffe dienen, viele farblos. Aus ihren Lösungen abgedampft bilden sie meist braune klebrige Massen und werden nach völligem Austrocknen oft an der Luft wieder feucht, was wohl meistens von einem Gehalt an äpfelsauren oder milchsäuren Alkalien herrührt. Eine große Zahl Extraktivstoffe verändert sich an der Luft, besonders beim Abdampfen wässriger Lösungen, unter Sauerstoffabsorption, Kohlensäureentwicklung und Ausscheidung einer braunen, im Wasser schwer löslichen, dasselbe aber dennoch

intensiv braun färbenden Substanz, **Extraktabsatz**. Derselbe ist leicht löslich in kohlensauren und kausischen Alkalien, wird durch Säuren aus diesen Auflösungen gefällt, verbindet sich mit einem Ueberschuß der Säure und stimmt meistens mit der Umin- oder Huminsäure sehr nahe überein, sowie viele Extrakte in chemischer Beziehung den verschiedenen Gerbsäuren gleichen.

Wegen ihrer Veränderlichkeit in Berührung mit der Luft zieht man die Extrakte aus den organischen Körpern entweder in luftdicht verschlossenen, mittelst Dampf luftleer gemachten Gefäßen, oder auf die bei der Gerbsäure angegebene Weise aus.

Man kann die Extraktivstoffe in ungefärbte oder eigentliche **Extrakte**, und gefärbte oder **Farbstoffe**, und erstere wieder in bittere und süße, letztere aber in gelbe, rothe, blaue und grüne eintheilen.

### Bittere Extraktivstoffe.

Die bitteren Extraktivstoffe sind ein Bestandtheil vieler Pflanzen, denen sie theils stärkende, theils abführende Eigenschaften ertheilen, weshalb sie auch häufig als Arzneimittel gebraucht werden. Solche bitteren Extrakte sind folgende:

Das **Bermuthbitter** ist der bittere Bestandtheil des **Bermuths**, *Artemisia absinthium*, welcher in der Medicin und zur Darstellung von bitteren Alkoren benutzt wird; eine durchscheinende gelbe oder braune, spröde, unkrystallinische Masse von sehr bitterem Geschmack, schwer löslich in Wasser, leicht löslich in Alkohol und Äther, auch in Alkalien löslich und verbindbar mit Metalloryden.

Ähnliche nicht krystallisirbare bittere Extrakte finden sich im **Bitterflee**, **Enzian**, in der **Schafgarbe**, in den **Kamillenblüthen**, **grünen Wallnußschalen** u.

Das **Populin**, ein Bestandtheil der Rinde und Blätter von **Populus alba**, **tremula** und **graeca**, krystallisirt in äußerst feinen weißen Nadeln, schmeckt bitter-süßlich, schmilzt leicht zur farblosen Flüssigkeit, zerfällt bei höherer Temperatur, löst sich sehr schwer in kaltem, schwer in kochendem Wasser, etwas leichter in kochendem Alkohol und verbindet sich weder mit Säuren, noch mit Basen.

Das **Fraxinin** kommt in der Eschentinde (*Fraxinus excelsior*) vor, welche Anwendung in der Medicin findet; es krystallisirt in feinen weißen Säulen, schmeckt sehr bitter, löst sich leicht in Wasser und Alkohol, schwer in Äther und verbindet sich weder mit Basen, noch mit Säuren.

Das **Aesculin** (**Polychrom**, **Schillerstoff**)  $C_{26}H_{30}O_{10}$  (**Trommsdorff**) findet sich in der Rinde der **Roskastanie** (*Aesculus hippocastanum*), der **Esche** (*Fraxinus excelsior*) und andern Baumrinden. Es bildet weiße, sehr feine Krystallnadeln, oder ein weißes, sehr lockeres Pulver von bitterlichem Geschmack, schwerlöslich in kaltem Wasser, aber schon löslich in  $1\frac{1}{2}$  Theilen kochendem Wasser und in 24 Th. kochendem Alkohol, aus

ersterem krystallinisch, aus letzterem pulverig beim Erkalten niederfallend, und unlöslich in Äther. Die wässrige Auflösung ist im durchgehenden Lichte farblos oder gelblich, im reflectirten violett oder blau und zwar noch merklich bei  $1\frac{1}{2}$  millionenfacher Verdünnung, besonders im Brunnenwasser, weil Alkalien und alkalische Erden das Schillern vermehren. Verbindet sich weder mit Säuren, noch Basen.

Nach Fleischmann schillern aber überhaupt viele alkaloïd- und bitterstoffhaltigen Flüssigkeiten, namentlich wenn man sie mit etwas Ammoniak alkalisch macht. Eine Auflösung von 10 Gran schwefelsaurem Chinin in 1 Unze schwefelsäurehaltigen Wassers schillert stark blau.

**Salicin.** Das Salicin  $C_{11}H_{12}O_6 + 2 H$  ist ein Bestandtheil der Rinde und Blätter vieler Weidenarten, wie *Salix pentandra*, *alba*, *Helix* etc. und einiger Pappelarten, wie *Populus alba*, *tremula* etc. Es bildet kleine weiße Krystallschuppen und Nadeln von sehr bitterem Geschmack, löslich in 56 Theilen kaltem, und in jeder Menge kochendem Wasser, es löst sich ferner in Alkohol, nicht aber in Äther und fetten Ölen, ist ohne Reaction auf Pflanzenfarben, verliert bei  $100^\circ C$ . nichts an Gewicht, schmilzt bei  $120^\circ$ , wird bei höherer Temperatur zersezt, gelb, harzähnlich und läßt endlich eine aufgeblähte Kohle, die ohne Rückstand verbrennt. Es löst sich in concentrirter Schwefelsäure mit blutrother Farbe (Rutilin) auf. Letztere ist daher ein Erkennungsmittel des Salicins in der Rinde, wenn sie damit befeuchtet wird. Salzsäure und verdünnte Schwefelsäure verwandeln es in ein weißes in Wasser unlösliches Pulver, Salicetin. Man wendet es nicht selten in der Medicin an gegen verschiedene Krankheiten, namentlich wie Chinin gegen Wechselfieber, es muß aber hier in viel größerer Menge als letzteres genommen werden.

**Phlorrhizin.** Das Phlorrhizin  $C_{21}H_{22}O_{10} + 3 H$  findet sich in der Wurzelrinde der Apfel-, Birnen-, Kirsch- und Pflaumenbäume; es krystallisirt in weißen Nadeln, schmeckt bitter und zusammenziehend, löst sich wenig in kaltem Wasser (1000 Th.) und Äther, sehr leicht in kochendem Wasser und Alkohol, auch unverändert in Säuren und Alkalien und wird außer von basisch essigsaurem Bleioryd, nicht von Metallsalzen gefällt, löst sich wie Salicin in concentrirter Schwefelsäure mit rother Farbe als Rutilin auf, absorbirt im feuchten Zustande Ammoniakgas unter Verwandlung in purpurblaues Phlorrhizeinammoniak, aus dessen wässriger Auflösung Säuren dunkelrothes Phlorrhizin  $C_{21}H_{20}O_{10}N_2$  fällen. Es wurde gleichfalls mit Erfolg gegen Wechselfieber angewendet.

**Cetrarin.** Das Cetrarin ist im isländischen Moose, *Cetraria islandica*, enthalten, bildet ein feines, weißes Pulver von stark bitterem Geschmack, schmilzt nicht, sondern zersezt sich in höherer Temperatur, ist schwer löslich in kaltem, wenig in kochendem Wasser, leichter in Äther und absolutem Alkohol, nicht aber in Säuren. Von concentrirten Säuren und Alkalien wird es zerstückt, von Salzsäure dabei ohne Gasentwicklung und Formveränderung dunkelblau gefärbt, wo es dann Schwefel- und Salpetersäure mit rother

Farbe lösen, durch Wasser wird es wieder blau niedergeschlagen. In Italien soll es gegen Fieber angewendet werden.

Das **Piktrolichenin** oder Flechtenbitter findet sich in der *Variolaria piktrolichenin*. *amara* Ach., bildet farblose, durchsichtige, an der Luft unveränderliche Doppelpyramiden mit rhombischer Basis, ist geruchlos, schmeckt äußerst bitter, schmilzt etwas über 100° C. und erstarrt wieder beim Erkalten, ist in kaltem Wasser nicht, wenig in heißem, leicht in Weingeist, Äther, ätherischen Ölen, Schwefelkohlenstoff und in der Wärme, auch in fetten Ölen löslich. In der weingeistigen Lösung soll es indessen sauer reagieren, übrigens wie die vorigen fieberwidrig wirken.

Das **Amygdalin**  $C_{10}H_{21}N_2O_{11}$  ist hauptsächlich in den bitteren *Amygdalin*. Mandeln, *Amygdalus communis* (zu 2½ — 4%), in den Aprikosen-, Pfirsich-, Pflaumen- und Kirschkernen, in den Kirschlorbeerblättern und der Rinde von *Prunus Padus* enthalten.

Man erhält es, wenn man bittere Mandeln durch warmes Pressen vom fetten Öle befreit, die rückständige Kleie wiederholt mit Weingeist von 93 — 94% auskocht, den Weingeist abdestillirt, den syrupartigen Rückstand mit Wasser verdünnt und mit Hefe gähren läßt, um den Zucker zu zerstoren. Man filtrirt dann, verdampft zur Syrupconsistenz, fällt das Amygdalin mit Alkohol von 94%, preßt aus und reinigt durch Umkrystallisiren aus Alkohol.

Aus Alkohol krystallisirt es in seidenglänzenden Schuppen oder kurzen Nadeln, aus Wasser in großen, seidenglänzenden, durchsichtigen Prismen mit 6 Atomen Wasser. Es ist geruchlos, von schwach bittermandelartigem Geschmack, zersetzt sich bei höherer Temperatur unter Aufblähen mit einem Geruch nach Weibdornblüte und Hinterlassung einer voluminösen Kohle. In Wasser ist es leicht, in wasserfreiem Alkohol bei gewöhnlicher Temperatur fast nicht, leichter in kochendem Alkohol löslich. Durch Behandlung mit verdünnter Salpetersäure oder mit Braunstein und Schwefelsäure zerfällt es in Ammoniak, Benzoylwasserstoff oder Bittermandelöl, Benzoe-, Ameisen- und Kohlensäure. Bei gelindem Erwärmen mit dem eiweißartigen Bestandtheil Emulsion (Milch) gebender Samen (wie Mandeln und die übrigen oben genannten), dem Emulsin (s. unten) wird das Amygdalin in Blausäure, flüchtiges Bittermandelöl, Ameisensäure, Zucker und Wasser verwandelt. Da oft schon bloßes Zerreiben hinreicht, den bekannten Blausäure- oder Bittermandelgeruch aus den oben angeführten Vegetabilien zu entwickeln, wenn sie sich anders noch im frischen Zustande befinden<sup>1)</sup>, so scheinen wohl beide Stoffe: Amygdalin und Emulsin getrennt, in abgesonderten Zellen in denselben vorzukommen. Die meisten dieser

1) Nach Brandes' Versuchen erhält man indeß keine Spur von Reaction auf Blausäure, wenn man eine bittere Mandel für sich oder mit Alkohol zerrieben darauf prüft, wohl aber, wenn sie mit Wasser angerieben war. Archiv d. Pharm. II. 3. S. 240 und von da pharm. Centralbl. 1835. S. 653.

Pflanzenstoffe sind im unverletzten Zustande völlig geruchlos und entwickeln ihren Geruch erst beim Infundiren, Kauen oder Zerreiben.

Anderß verhält es sich bei jenen Theilen, welche schon im unverletzten Zustande den bekannten Geruch verbreiten, wie manche Blüten, namentlich die von *Prunus padus*, es scheint hier das Emulsin vermöge des bedeutenderen Wassergehalts und des zarteren Gewebes schon im lebenden Organismus auf das Amygdalin einzuwirken. Nach E. Simon findet sich auch in der Rinde von *Prunus padus* viel mehr fertige Blausäure (und also wahrscheinlich auch Bittermandelöl), als in den Kirschlorbeerblättern, weil sie weit mehr Wasser enthalte <sup>1)</sup>.

Mit ägenden Alkalien wird das Amygdalin zerlegt in amygdalinsäure Salze und Ammoniak, mit übermangansaurem Kali in cyansaures und benzoesaures Kali.

Die Amygdalinsäure  $C_{10}H_{12}O_8$  ist eine farblose, unkrystallinische, an der Luft zerfließliche Masse, von saurem Geschmack, in Wasser leicht, in Alkohol und Äther nicht löslich, die mit Basen leicht lösliche Salze bildet.

### Süße Extraktivstoffe.

Süße Extraktivstoffe.

Die süßen Extraktivstoffe finden sich weit seltener in den Pflanzen, als die bitteren. Die wichtigsten und am genauesten untersuchten sind folgende:

Glycyrrhizin.

Das Glycyrrhizin, Wurzelsüß oder der Süßholzzucker bildet einen Bestandtheil der Süßholzwurzel (*Glycyrrhiza glabra* und *echinata*) und ist eine unkrystallinische, gelbe, spröde Masse von widerlich süßem Geschmack, leicht löslich in Wasser und Weingeist, verbindet sich mit Säuren zu in Wasser und Weingeist löslichen, in überschüssiger Säure aber unlöslichen Verbindungen, auch mit Alkalien zu löslichen und mit Schwermetalloxyden zu unlöslichen Verbindungen. Es ist nebst verschiedenen anderen in Wasser löslichen und wieder anderen durchs Kochen unlöslich gewordenen Stoffen im Lakriensaft enthalten.

Saponin.

Das Saponin (kragender Extraktivstoff) im Seifentraut, *Saponaria officinalis*, in seiner Wurzel, im Sandbriedgras, *Carex arenaria*, in *Lychnis dioica*, *Gypsophila Struthium* und in den Roskastanien ist eine weiße, unkrystallisirbare, leicht zerreibliche, Anfangs süßlich, dann anhaltend scharf und kragend schmeckende, geruchlose Masse. Das Pulver erregt, in der kleinsten Menge in die Nase gebracht, heftiges Niesen. Es löst sich leicht in Wasser und macht selbst noch 1000 Theile desselben beim Schütteln schäumend, es löst sich in 500 Theilen wasserfreiem kochenden Alkohol, wässriger Weingeist löst es leichter, Äther gar nicht. Salpetersäure verwandelt es in ein saures gelbes Harz, Schleim- und Kielesäure, Alkalien

1) Aschoff begoß emulsinhaltige (Rohn-) Pflanzen mit Amygdalinlösung und fand bei der Destillation deutliche Spuren von Blausäure. Nur schade, daß er die Samen, statt sie zu destilliren, nicht mit Weingeist zerrieb, dieser hätte dann das präformirte Bittermandelöl und die Blausäure ausziehen müssen.

in Saponinsäure. Bis jetzt fand es noch keine Anwendung, die Wurzel wird aber statt Seife zum Waschen gebraucht.

Das Asparagin  $C_4H_{10}N_2O_6 + 2H$  findet sich im Spargel, *Asparagus officinalis*, der Eibischwurzel, *Althaea officinalis*, daher auch **Althain** genannt, und der Schwarzwurzel, *Symphytum officinale*, krystallisirt in farblosen, rhombischen, oder kurzen sechsseitigen Prismen, es ist geruchlos, schmeckt kühlend, fade, etwas ekelerregend, ist hart, spröde, knirscht zwischen den Zähnen, löst sich in 58 Theilen Wasser von  $13^\circ C.$ , leichter in heißem; es ist auch in Weingeist, nicht aber in Alkohol, Äther, fetten und flüchtigen Ölen löslich. Durch Säuren und Alkalien wird es bei gewöhnlicher Temperatur nicht, in der Wärme aber in Ammoniak und Asparaginsäure zersetzt, ebenso durch trockene Destillation und in gährenden Flüssigkeiten. Von Metallsalzen wird es nicht gefällt.

Asparagin  
oder Althain.

### Farbstoffe.

Die gefärbten Extraktivstoffe, Farbstoffe oder Pigmente bilden eine große Reihe der verschiedenartigsten Substanzen aus dem Pflanzen- und Thierreiche, welche fast nur darin übereinstimmen, daß sie eine lebhaftere Farbe besitzen, sonst aber sich theils mehr den Extraktivstoffen, theils mehr den Harzen nähern. Nach Preißer sollen jedoch alle Farbstoffe sowohl im gefärbten als farblosen Zustande deutlich sauer reagieren.

Die Farbstoffe finden sich gewöhnlich an der Oberfläche der Pflanzen und in den mit der Luft am meisten in Berührung stehenden Theilen, in der Rinde, in den Blättern, Blüten und Früchten; nur wenige im Innern der Pflanze im Saft gelöst oder in fester Form abgelagert. Es ist aber deswegen nicht unwahrscheinlich, daß sie schon im Innern der Pflanze als eigene Verbindungen vorkommen, denen nur noch eine gewisse Menge Sauerstoff fehlt, um mit ihrer eigenthümlichen Färbung aufzutreten, und diese finden sie, sobald sie mit der Luft in näheren Verkehr treten. Es ist schon lange eine ziemliche Anzahl von Farbstoffen bekannt, welche in der Pflanze selbst als farblose Körper vorkommen, oder sich zu solchen reduciren lassen und die ihre Färbung erst einer Oxydation an der Luft theils ohne, theils unter Mitwirkung von Basen verdanken.

Vorkommen  
und Entstehen  
derselben in  
den Pflanzen.

Perroz fand, daß Balsaminenpflanzen eine durch ihre Wurzeln aufgenommene Indigoauflösung im Innern entfärben und sie erst in den Blättern wieder mit der blauen Farbe erscheinen lassen. Preißer glaubt daher, daß die verschiedene Färbung der Farbstoffe auf einer stufenweisen Oxydation beruhe, welche ein gemeinschaftliches farbloses Princip bei seiner Annäherung an die Oberfläche der Pflanze erleidet, und fand auch bei vielen Farbstoffen, welche seither noch nicht farblos dargestellt worden waren, (bei allen, mit denen er Versuche anstellte) daß sie sich unter geeigneter Behandlung durch Desoxydation (mittels Schwefelwasserstoff, Wasserstoff im Momente des Freiwerdens, Eisen- oder Zinnorydul, Gährung u.)

sämmtlich entfärben lassen und um so mehr Sauerstoff enthalten, je intensiver sie gefärbt sind<sup>1)</sup>. Vgl. auch unten Chlorophyll.

Pflanzen, welche auf trockenem, steinigem Boden gewachsen sind, enthalten in der Regel mehr Farbstoff, als die auf nassem Boden erwachsenen. Ebenso zeichnen sich die in warmen Sommern gewachsenen vor denen in feuchten und kühlen gewachsenen aus. Die Blätter besitzen gewöhnlich zur Blütezeit der Pflanze die größte Menge desselben, das Holz ist daran zur Saftzeit ärmer, als außer derselben, die Rinden dagegen enthalten am meisten, wenn sie in vollem Saft sind und die Knospen sich öffnen. Der äußere Theil enthält im Allgemeinen weniger, als der mittlere und dieser weniger als der Bast. Die Rinde jüngerer Bäume ist im Allgemeinen farbreicher als die der älteren. In den Früchten ändert sich Qualität und Quantität des Farbstoffs nach den Graden ihrer Reife.

Die schweflige Säure bleicht die Farbe der meisten Farbstoffe, indem sie damit farblose Verbindungen bildet<sup>2)</sup>. Chlor dagegen zerstört die Farbe von allen; auch durch längere Einwirkung des Lichts, namentlich bei Gegenwart von Wasser und durch stark erhitzte Luft werden sie gebleicht und bei höherer Temperatur gänzlich zerstört und verkohlt. Einige sind in Wasser, andere nur in Alkohol oder Äther, wenige in mehreren oder allen diesen Lösungsmitteln, oder in gar keinem derselben löslich. Bei ihrer Verbindung mit Alkalien wird im Allgemeinen die Farbe dunkler, aus Gelb wird häufig Braun, aus Roth Violett, Blau oder Grün. Säuren machen die Farben heller, die blauen in der Regel roth, die braunen und rothen gelb. Die chemische Zusammensetzung ist sehr verschieden, manche enthalten auch Stickstoff.

Zu Thonerde, Zinn- und anderen Dryden, die in der Mitte zwischen Basen und Säuren stehen, haben sie eine ausgezeichnete Verwandtschaft

1) Die einzelnen Versuche von Preisser finden sich in Dingler's polytechn. Journ. 93. S. 103—130, im Auszug im pharm. Centralbl. 1844. S. 335—393 und im Berliner Gewerbe-, Industrie- und Handelsblatt 1844 S. 70 aus dem Journ. de pharm. 1844 März S. 191—212 und April S. 249—264. Über die Entstehung der Pflanzenfarben sind ferner zu vergleichen die Arbeiten von Dierbach, pharm. Centralbl. 1832; über die der Blütenfarben die Schrift von Clamor Marquart über die Pflanzenfarben, Bonn bei Habicht 1835, auch Buchner's Repertorium. 14. S. 171—177, oder ein Auszug dieser Schrift im pharm. Centralbl. 1836. S. 162—171 und eine kurze, aber ungünstige Kritik derselben in Schleiden's Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. 2. Aufl. I. 1845. S. 192 und Anm. auf S. 190; ebenso über die Farben der Blüten die Versuche von Hünefeld „zur Chemie der Pflanzenfarben, insbesondere der blauen“ im pharm. Centralbl. 1837 S. 53—59 aus Journ. f. prakt. Chemie. 9. S. 217—238 und Hope über die Farbstoffe der Blätter und Blüten, Edinb. new phil. Journ. 1836 Oct. S. 315 und daraus pharm. Centralbl. 1837. S. 563.

2) Die rothen und blauen Farbstoffe der Blüten werden von der schwefligen Säure nach Hope, mit Ausnahme der von *Centaurea cyanus*, *Commelina coerulea* und *Scabiosa atro-purpurea* alle, von den orangegelben einige ganz, andere nur bis hellgelb entfärbt, die gelben Farbstoffe und Chlorophyll dagegen bleiben ganz unverändert. Auch Indigo und Carmin widerstehen vollkommen.

und bilden damit unlösliche Verbindungen, welche man **Lacke** nennt. Die Thonerdelacke werden meist dargestellt durch Auflösung des Farbstoffs in Alaunlösung und Fällung mit einem Alkali, wo der Farbstoff mit der Thonerde niederfällt und die Flüssigkeit farblos zurückläßt. Auch vegetabilische und noch leichter thierische Kohle entfärben diese Auflösungen bei freier Säure. Alkalien entziehen der Kohle den Farbstoff wieder. Man theilt die Farbstoffe, wie bereits angegeben, in gelbe, rothe, blaue und grüne.

### 1) Gelbe Farbstoffe.

Das **Luteolin** ist der gelbe Farbstoff des Bau, *Reseda luteola*, es läßt sich sublimiren und bildet gelbe durchscheinende Nadeln, löst sich wenig in Wasser und färbt es kaum gelb, löst sich in Alkohol und Äther; in Kalilauge mit gelber Farbe, welche allmählig schmutzig braun wird. Concentrirte Schwefelsäure bildet eine gelbrothe, concentrirte Salpetersäure eine pomeranzengelbe Lösung. Der Bau wird zum Gelb-, Grün- und Schwarzfärben und zur Darstellung eines feinen Schittgelb, einer Lackfarbe benutzt, indem man zu letzterem die Abkochung mit Alaun und Kreide fällt.

Gelbe Farbstoff.  
Luteolin.

**Rhamnus-** oder **Kreuzbeereengelb** in den nicht völlig reifen Früchten des Kreuzborns *Rhamnus cathartica*, des Färberborns h. *insectoria* u. a. *Rhamnus*arten bildet eine grünlichgelbe Masse von sehr bitterem, ekelhaftem Geschmack, ist leicht löslich in Wasser, wird von Alkalien bräunlich gefärbt, von Alaun, Zinnchlorid und basisch essigsaurem Bleiorxyd gelb gefällt und färbt Zeuge dauerhaft gelb.

Rhamnus-gelb.

Der gelbe Farbstoff von *Lichen parietinus* krystallisirt aus einem mit kochendem Alkohol erhaltenem Auszug in langen glänzenden Blättchen, welche sich zusammenkneten lassen, in der Wärme leicht schmelzen und beim Erkalten zu einer krystallisirbaren Masse gestehen; ist unlöslich in Wasser, löslich in Alkohol und Äther, wird von concentrirter Schwefelsäure mit carminrother Farbe gelöst, die bald nachher blutroth wird; mit Kalilauge Anfangs ebenfalls carminroth, nachher violett, Säuren fällen ihn daraus in gelben Flocken. Zinn- und Bleiorxyd geben damit gelbe Niederschläge. Die Flechte enthält  $3\frac{1}{2}\%$  Farbstoff, welcher  $\frac{1}{2}\%$  rothen enthält.

Gelber Farbstoff des Lichen parietinus.

Das **Spiräin**, der gelbe Farbstoff aus den Blüten der *Spiraea ulmaria*, durch Ausziehen mit Äther erhalten, mit Wasser gefällt, dann in Alkohol gelöst, aus dem sich beim Erkalten das Fett ausscheidet, dann abgedampft, bildet ein gelbes, krystallinisches, nicht in Wasser, aber leicht in Äther und Alkohol lösliches Pulver. Die Lösung ist im concentrirten Zustande dunkelgrün, reagirt schwach sauer und treibt aus kohlensaurem Kali die Kohlensäure aus. Alkali löst es mit gelber Farbe. Barytwasser und Thonerde fällen die geistige Lösung gelb, neutrales essigsaures Bleiorxyd carminroth, beim Trocknen schwarz werdend, Eisenorydulsalze fällen es dunkelgrün, Eisenorydsalze schwarz, Kupferoryd grasgrün. Concentrirte Salpetersäure löst es in der Wärme mit rother Farbe. Aus der Auflösung in Schwefelsäure wird es von Wasser unverändert gefällt.

Spiräin.



Chelidoran-  
thin.

Das **Chelidorianthin**, der gelbe Bitterstoff des *Chelidonium majus*, bildet undeutliche Krystallnadeln, meist eine gelbe, in kaltem Wasser schwer, leichter in heissem, in Äther nicht, leicht aber in wässrigem Weingeist lösliche Masse. Die intensiv gelben Lösungen schmecken sehr bitter und werden durch Säuren und Alkalien nicht verändert, die wässrige Lösung wird aber durch Gallustinctur gefällt.

Blattgelb.

Das **Xanthophyll** oder **Blattgelb** erhält man aus den im Herbst gelb gewordenen Blättern durch Ausziehen mit Alkohol, woraus man beim Verdunsten das Blattgelb mit Fett als eine körnige Masse erhält. Letzteres kann durch Verseifen und Ausziehen mit kaltem Alkohol zum Theil entfernt werden. Es scheint verändertes Chlorophyll oder Blattgrün zu sein, das man aber künstlich nicht wieder herstellen kann. Vgl. auch Chlorophyll S. 349.

Berberin.

Das **Berberin**<sup>1)</sup>, der gelbe Farbstoff in der Wurzel des Sauerdorns, *Berberis vulgaris* (in der Rinde derselben zu 1,3 %) ist ein sehr lockeres, aus feinen, seidenartig glänzenden Nadeln bestehendes, intensiv gelbes Pulver; beim Erkalten einer kochend gesättigten wässrigen oder alkoholischen Auflösung schießt es in strahlenförmig gruppirten Prismen an. Es ist ohne Geruch, von stark und rein bitterem Geschmack, ohne Reaction auf Pflanzenfarben, in 250 Theilen Alkohol von 82°, aber in jedem Verhältniß von kochendem Wasser und Alkohol, auch etwas in flüchtigen und fetten Ölen, nicht aber in Steinöl, Äther und Schwefelkohlenstoff löslich. Von concentrirter Schwefel- und Salpetersäure wird es zerlegt, aus seinen Auflösungen aber von diesen, wie von anderen Säuren unverändert gefällt, von Gerbsäure mit braungelber Farbe. Von trockenem Chlor wird es blutroth gefärbt, in Auflösung aber braun gefällt. Mit Alkalien geht es unter Verdunkelung seiner Farbe Verbindungen ein, aus denen es Säuren wieder unverändert abscheiden. Blei-, Zink- und Eisennorydulsalze fällen es nicht. Bei Zusatz von sehr verdünnten Säuren zur alkoholischen Lösung bildet es mit diesen gelbe, krystallinische Verbindungen. Die Berberiswurzel wird zum Gelbfärben verwendet.

Verschiedene  
andere gelbe  
Farbstoffe.

Die **Scharte**, *Serratula tinctoria*, welche gleichfalls einen gelben Farbstoff enthält, der jedoch dem des Bau an Schönheit nachsteht, wurde früher mehr als jetzt gebraucht zum Gelb- und besonders zum Grünfärben; auch der Färbeginster, *Genista tinctoria*, enthält einen gelben Farbstoff, wird aber ebenfalls wenig benutzt. Aus den Birkenblättern bereitet man eine gelbe Lackfarbe, eine ordinäre Sorte Schittgelb, auch die Blüten der Acacie, *Robinia pseudacacia*<sup>2)</sup>, der Kartoffel<sup>3)</sup>, die Blätter der

1) Das Berberin gehört indessen nur seiner technischen Anwendung nach hierher (zu den gefärbten Extraktivstoffen), denn nach *Reitmann's* Untersuchungen ist dasselbe eine der ausgesprochensten und beständigsten aller organischen Basen.

2) Man pflückt die Blüten, bevor sie aufgegangen, trocknet sie in einer Pfanne bei gelinder Hitze und kocht sie, wenn sie gelb geworden sind, mit Wasser,  $\frac{1}{6}$  Alaun und  $\frac{1}{2}$  Kreide. Der Absud färbt Seide, Wolle und Papier dauerhaft gelb.

3) *Erdmann's* Journ. f. techn. u. ökonom. Chemie. IV. S. 496. V. S. 492

Lorbeerweide, italienischen Pappel, der Birn- und Maulbeerbäume<sup>1)</sup>, das Kartoffelkraut<sup>2)</sup>, die Luzerne, *Medicago sativa*, der Biesenflee, *Trifolium pratense*, die Dotterblume, *Caltha palustris*, die Wallnußrinde<sup>3)</sup>, Hainbuchenrinde, die Samen des rothen Biesenflee, *Trifolium pratense*, und weißen Steinflee, *Trifolium repens*<sup>4)</sup> liefern gelbe Farbstoffe. Nidder empfiehlt die Benutzung der so verbreiteten *Euphorbia Esula* und *E. Cyparissias* auf einen gelben Farbstoff, welchen deren Blätter in ziemlicher Menge enthalten. Man kocht die Pflanzen mit alaunhaltigem Wasser und schlägt mit basisch essigsaurem Bleioryd (Bleieffig) oder Zinnchlorür nieder.

Besser als die meisten angeführten eignen sich jedoch zur technischen Benutzung verschiedene andere gelbe Farbstoffe, die sich aber sämmtlich nur in ausländischen Pflanzen vorfinden, und von denen etwa hier nur die Curcumawurzel Erwähnung verdient, insofern der weingeistige Auszug (Curcumatinctur), oder damit gefärbtes Papier (Curcumapapier) als Reagens auf Alkalien und alkalische Erden dient, welche nebst einigen anderen Körpern, namentlich Borarsäure, die Eigenschaft besitzen, das Curcumagelb braun zu färben.

## 2) Rothe Farbstoffe.

Der schönste und dabei sehr haltbare rothe Farbstoff findet sich in mehreren Arten der Schildlaus und am reichlichsten in der Cochenille, *Coccus Cacti*, deren Farbstoff, Carmin ( $C_{16}H_{26}NO_{10}$ , Pelletier), daher auch zur Darstellung der feinsten Carmesin- und scharlachrothen Zeug- und Fuchsfarben am häufigsten in Anwendung kommt, allein diese so wie die anderen hieher gehörigen Schildlausarten gehören unseren Gegenden nicht an, mit Ausnahme der deutschen Cochenille, Johannisblut, *Coccus polonicus*, welche seit den ältesten Zeiten in Gebrauch war und ehedem in großen Mengen aus Sibirien, der Ukraine, Polen, Ungarn und Preußen bis in die Türkei versührt wurde. Das Insekt findet sich unter der Erde an verschiedenen Pflanzenwurzeln, wie des Johanniskrauts, *Sclearanthus perennis*, des Bibernells, *Pimpinella*, des Glaskrauts, *Parietaria*, Bruchkrauts, *Herniaria*, des Mausöhrens, *Hieracium pilosella*; auch auf dem Roggen, dem Knöterich, Huflattich, Erdbeerstrauch u. Seitdem man aber die Baumcochenille kennt, welche so leicht der Cultur zu unterwerfen und zu sammeln ist und in den größten Quantitäten aus Mexiko bezogen wird, kam die deutsche oder Wurzelcochenille in Vergessenheit, und selbst Preise, welche in neuerer Zeit auf die gute Bereitung und Benutzung dieses Farbstoffes gesetzt wurden, hatten keinen günstigen Erfolg. Das Thier liefert so wenig Farbstoff und ist so schwer zu sammeln, daß es nicht der Mühe werth wäre, es wieder in Aufnahme bringen zu wollen.

Rothe Farbstoffe.  
Cochenille.  
roth.

1) Vogel in Dingler's polytechn. Journ. Bd. 24. S. 557.

2) a. a. D. 2. S. 416.

3) Magazin d. Erfindungen. Neue Folge. Bd. 2. S. 5. S. 37.

4) Erdmann's Journ. f. techn. u. ökonom. Chemie. 7. S. 404.

## Flechtenroth.

Aus mehreren Flechtenarten wird ein rother, ins Violette übergehender Farbstoff, *Orseille*, *Persio*, gewonnen, welcher je nach der angewendeten Behandlung in einen blauen, *Lacmus*, übergeht. Der von Natur aus farblose Stoff erhält erst in Berührung mit Ammoniak an der Luft eine rothe und bei gleichzeitiger Gegenwart von kohlensaurem Kali eine blaue Farbe. Die *Rocella tinctoria* im Süden von Europa und andern wärmeren Gegenden und *Lecanora tartarea* in Schweden, England und Schottland liefern das *Erythrin* und die *Variolaria dealbata* gleichfalls in Südeuropa, aber auch in Deutschland, dort auf Alpen, hier mehr in Niederungen an Steinen, vorzüglich Granitfelsen das *Orcin*.

Beide Farbstoffe zeigen zwar ein verschiedenes Verhalten, liefern aber beide unter den angegebenen Umständen ein rothes Pigment.

## Erythrin.

Das *Erythrin*  $C_{20}H_{24}O_8$ , welches man erhält, wenn man die Flechte mit Wasser, Alkohol, oder am besten mit Ammoniakflüssigkeit auszieht, die *Roccellsäure* durch Chlorcalcium fällt, dann aus der ammoniakalischen Flüssigkeit das *Erythrin* durch Salzsäure niederschlägt, und durch Thierkohle reinigt, bildet ein weißes, krystallinisches, geruch- und geschmackloses Pulver, welches etwas über  $100^\circ$  C. zur durchsichtigen, farblosen Flüssigkeit schmilzt, durch stärkere Erhitzung ohne Ammoniakentwicklung zerfällt wird, in 170 kochendem Wasser, in 2,3 Th. siedendem und 22,5 kaltem Alkohol, nicht in Äther, wohl aber in concentrirter Schwefelsäure ohne Verkohlung, leicht in kochender Essigsäure, unter Zersetzung in Salpetersäure und nicht in Salzsäure löslich ist. Alkale und kohlensaure Alkalien lösen es ohne Färbung auf, wo unter Luftpabstluß *Erythrinbitter*, ein in Wasser und Alkohol leicht löslicher Körper entsteht, woraus sich dann an der Luft das Flechtenroth erzeugt. Letzteres ist in Wasser schwer, in Äther nicht, wohl aber in Weingeist mit karmesinrother, in Alkalien mit schön violetter Farbe auflöslich und wird daraus durch Säuren als feurig karminrothes Pulver gefällt. Schwefelwasserstoff bleicht die Farbe, welche aber bei Austreibung des Gases wieder erscheint. Der färbende Bestandtheil der *Orseille* und des *Persio* ist das aus dem *Erythrin* entstandene Flechtenroth, der des *Lacmus* ist eine unter Einfluß des kohlensauren Kali entstandene, in Wasser lösliche Modification desselben mit blauer Farbe, aus welcher Kane 4 verschiedene Farbstoffe darstellte: *Erythrolein*, *Erythrolitmin*, *Azolitmin* und *Spaniolitmin*.

## Orcin.

Das *Orcin*  $C_{18}H_{14}O_8$ , welches man erhält durch Digestion der getrockneten Flechte mit kochendem Alkohol, Filtriren, Abdampfen zur Extractdicke, Ausziehen mit Wasser, Abdampfen zur Krystallisation und weitere Reinigung der Krystalle, bildet mit 5 H farblose 4seitige Prismen von ekelhaft süßem Geschmack, löst sich in Wasser und Alkohol, ist schmelz- und sublimirbar, wird durch Salpetersäure blutroth gefärbt, mit Kali oder einem andern fixen Alkali bräunt es sich an der Luft unter Sauerstoffaufnahme. Die wässrige Lösung mit Ammoniak versetzt wird allmählig an der Luft dunkel blutroth unter Bildung der Ammoniakverbindung eines neuen

Körpers, dem Orcein, welcher Stickstoff in einer andern Form als im Ammoniak enthält und von Essigsäure als braunrothes Pulver gefällt wird.

1 MG. Orcein =



aufgenommen aus der Luft



und außerdem 1 MG. Ammoniak =  $H_4 N_3$

gibt 1 MG. Orcein =



Um die Orseille, welche aus *Roccella tinctoria* von den canarischen Inseln, *Corfica*, *Sardinien* und als eine geringere Sorte aus der *Variolaria orcina*, *dealbata* (*Aspergilla*, *Lichen corallinus*) von den Alpen, *Pyrenäen* (in Bayern vom Rhöngebirge) gewonnen wird, darzustellen, zerreibt man die von Steinen und Schmutz abgestrichen Flechten unter Mühlsteinen mit Wasser und gefaultem Harn (Ammoniak) und Kalk, um das kohlensaure Ammoniak im Harn in ägendes zu verwandeln, zum dünnen Brei, welcher sich nach etwa 14 Tage in eine lebhaft violette Masse von Weichengeruch verwandelt, die man feucht aufhebt. Man benutzt sie zum Roth- und Blaufärben der Wolle und Seide.

Den *Perfio* bereitet man in England, Schottland und besonders in großer Menge in Schweden aus *Lecanora tartarea*, auch aus *Lichen omphalodes*, *calcareus*, *saxatilis* ganz so, wie bei der Orseille angegeben wurde, nur mit Harngeist, d. h. dem aus gefaultem Harn abdestillirten kohlensauren Ammoniak. Er kommt als violettrothes Pulver in den Handel.

Das *Lackmus* gewinnt man in Holland aus *Lecanora tartarea*, *Roccella tartarea*, wie die beiden vorigen, nur daß man später noch Pottasche, Kreide oder gebrannten Kalk und Gyps zusetzt, formt es in kleine Würfel und trocknet sie. Das Lackmus hat eine hellblaue Farbe, ein erdiges Aussehen und löst sich leicht in Wasser und verdünntem Weingeist unter Zurücklassung eines geringen Rückstandes von kohlensaurem Kalk, Thon- und Kiesel Erde, Gyps und Eisenoryd. Man braucht die wässrige Auflösung desselben (*Lackmustinctur*), oder damit gefärbtes Papier (*blaues Lackmuspapier*), in der Chemie als Reagens auf Säuren und durch Umwandlung der Farbe in Roth mittelst sehr verdünnter Essigsäure als rothes *Lackmuspapier* auf Vasen<sup>1)</sup>. Es dient auch zum Blaufärben des Marmors, aber nicht in der Färberei.

Das *Laktrautroth* ist ein dem *Krapproth* ähnlicher Farbstoff in der Wurzel mehrerer Laktrautarten, wie *Galium boreale*, *mollugo*, *sylvaticum* u., welcher in der Schweiz, auf den Hebriden und in Rußland bisweilen zum Rothfärben benutzt wird. Auch die Wurzeln von *Asperula tinctoria*, *cynanchica* und *odorata* können statt Krapp zum Färben dienen.

1) Die Lackmustinctur wird (mit oder ohne Zusatz von Alkohol) in ganz vollen und gut verschlossenen Flaschen in einigen Monaten — nach Vogel in Folge von etwas Schwefelwasserstoffbildung aus dem Gehalte des Lackmus an schwefelsaurem Kali — entfärbt; durch wenige Tropfen Schwefelwasserstoffwasser schon in einigen Tagen. Kurzer Luftzutritt genügt zur Wiederherstellung der Farbe. Journ. f. prakt. Chemie. 16. S. 311—315; pharm. Centralbl. 1839. S. 163—168.

Die Wurzel von *Comarum palustre* wird in Finnland zum Rothfärben benutzt.

Johannis-  
krautroth.

Das **Johanniskraut-** oder *Hypericumroth* aus den Blüten und Früchten von *Hypericum perforatum* durch Weingeist erhalten, bildet eine dunkelrothe, harzglänzende, in dünnen Lagen durchscheinende, weiche, flebende, leicht schmelzbare Masse von starkem, kamillenähnlichem Geruch (wahrscheinlich von beigemengtem ätherischen Öl) und scharfem, schwach aromatischem Geschmack, unlöslich in Wasser und verdünnten Säuren, leichtlöslich in Alkohol, Äther und ätherischen Ölen; in fetten Ölen nur beim Erwärmen. Mit Alkalien bildet es eine grüne Auflösung, welche im concentrirten Zustande bei zurückfallendem Lichte roth erscheint. Mit alkalischen Erden und Metalloxyden bildet es meist grüne Niederschläge.

Blattroth.

Das **Blattroth**, *Erythrophyll*, ist der rothe Farbstoff, welchen die Blätter mancher Bäume und Sträucher enthalten, wenn sie im Herbst roth werden. Alle diese enthalten denselben Farbstoff auch in ihren Früchten. Aus der abgedampften alkoholischen Lösung, welche man durch Ausziehen dieser Blätter erhält, wird er von Wasser nicht, wohl aber von effigsaurem Bleioxyd grasgrün gefällt, durch Schwefelwasserstoff aus dieser Verbindung ausgeschieden und die Lösung im luftleeren Raume abgedampft, bildet er eine rothbraune, wenig in Wasser, aber leicht in alkalischen Flüssigkeiten lösliche Masse. Die grünen alkalischen Verbindungen oxydiren sich an der Luft, nicht aber der Niederschlag mit Bleioxyd. Vgl. auch Chlorophyll.

Ampferroth.

Das **Ampferroth** ist das rothe Pigment des gemeinen Ampfers (*Rumex acetosa*). Der farblose Absud der rothen Blätter wird durch Alkalien schön gelb, durch Säuren oder Alaun roth gefärbt. Die Wurzel des gemeinen und kleinen Ampfers (*R. acetosella*) soll eine schöne rothe Saftfarbe für Maler geben. Der Saft des blutaderigen Ampfers (*R. sanguineus*) wird an der Luft dunkelblau und ist zum Färben verwendbar.

Der gemeine Dost (Origanum vulgare) wird zum Braun- und Hellrothfärben der Wolle benutzt; auch zum Hellrothfärben des Carns soll er dienen, wenn man Dost und Apfelbaumlaub mit  $\frac{1}{4}$  Malzabsud und etwas Hefe gähren läßt, sobald die Mischung sauer ist, ausdrückt, die ausgedrückten Blätter mit Wasser kocht und den Absud zum Färben verwendet.

Brennnessel-  
roth.

Das **Brennnesselroth** findet sich in den rothen Stengeln der Brennnessel *Urtica dioica* im Herbst, wenn die Blätter abgefallen sind, wird daraus durch Digestion mit Wasser erhalten und durch Zinnchlorür mit rother Farbe gefällt. Die vom Niederschlage getrennte hochrothe Flüssigkeit färbt Seide rosen- bis hochroth.

Rother  
Farbstoff der  
Blumen

Der **rothe Farbstoff der Blumen**, wie der Rosen, des Feldmohns etc., welchen man nach vorheriger Entfernung des Fettes durch Ausziehen mit Weingeist erhält, ist eine dunkelrothe Masse oder ein hochrothes Pulver, leicht löslich in Wasser und wässrigem Weingeist, unlöslich in Äther und Ölen. Säuren erhöhen gewöhnlich die Farbe, Alkalien ändern sie in

Blau, dann in Grün, endlich in Gelb. Basisch essigsaures Bleiorpd fällt die meisten grün oder gelb, neutrales mehr blau oder violett. Licht bleicht <sup>und</sup> diese Farben bald, Chlor sogleich.

Ähnlich verhält sich der rothe Farbstoff der Früchte, wie Kirschchen<sup>1)</sup>, Beeren. Berberitzen, Himbeeren, Hollunder- und Aitigbeeren, Heidelbeeren, Ligusterbeeren, Krähenbeeren (*Empetrum nigrum*) und der violette in den Früchten des Mahalebstrauchs und der Brombeeren. Die unreifen Beeren von *Actaea spicata* färben mit Weinstein und Zinnauflösung schön roth, die reifen mit Alaun schwarz. Die Beeren des Kreuzdorns (*Rhamnus cathartica*) geben unreif wie die Rinde eine gelbe Farbe, reif mit Alaun eine grüne und überreif im Winter eine purpurrothe.

Die am häufigsten benutzten sind aber auch bei den rothen Farbstoffen wieder ausländische, oder wenigstens, wie der Krapp und Safflor, bei uns nur cultivirte. Die oben angegebenen Galiumarten sollen indessen einen dem Krapp nahe kommenden rothen Farbstoff enthalten.

Ein, wie es scheint, sehr weit verbreiteter braunrother Farbstoff ist *Phlobaphen*. das von Stähelin und Hoffstätter in der Rinde von *Pinus sylvestris*, *Platanus acerifolia* und *Betula alba* aufgefundenen *Phlobaphen*  $C_{20}H_8O_8$ . Er ist sowohl durch Alkohol, als durch Kali ausziehbar, in jenem Falle durch Wasser, in diesem durch Säuren fällbar; in Wasser nicht, wohl aber in Alkalien und zwar mit tiefbraunrother Farbe löslich, in verdünnten Säuren und Alkohol ist er nicht löslich, geruch- und geschmacklos, völlig luftbeständig und wird von Bleisalzen rothbraun gefällt.

### 3) Blaue Farbstoffe.

Nicht nur unter den blauen, sondern überhaupt unter allen organischen Farbstoffen ist der Indigo<sup>2)</sup> die dauerhafteste, sowohl gegen atmosphärische, als andere chemischen Einflüsse, indem er weder durch das Licht, noch durch die stärksten Säuren oder Alkalien verändert wird. Blaue Farbstoffe.  
Indigo.

Man erhält ihn aus *Indigofera tinctoria*, *I. disperma*, *I. Anil* und andern Pflanzen dieser Gattung aus Ostindien und Amerika, aus *Nerium tinctorium* in Ostindien, aus *Polygonum tinctorium* in China, aus *Asclepias tinctans* und dem bei uns ehemals häufig cultivirten und auch wildwachsenden *Waid*, *Isatis tinctoria*. Vorkommen.

Die blaue Farbe des Indigo ist als solche in der Pflanze selbst noch <sup>Darstellung.</sup> nicht vorhanden, sondern entwickelt sich erst bei der Darstellung durch Oxydation an der Luft. Man übergießt die zur Blütezeit abgeschnittenen Blätter mit Wasser. Es tritt bald eine Gährung ein, (welche aber zu nichts dienen und jetzt ebenso gut durch Anwendung von warmem Wasser ersetzt

1) Über den rothen Farbstoff der Kirschchen und schwarzen Johannisbeeren vgl. Bergelius in den Ann. d. Pharm. 21. S. 257–267; pharm. Centralbl. 1837. S. 376–377.

2) Die chemische Zusammensetzung seines Hauptbestandtheils, des Indigblau, s. S. 347.

werden soll), wobei sich die Flüssigkeit unter reichlicher Kohlensäureentwicklung gelb färbt. Die gelbe Brühe wird abgelassen und theils zur Entfernung der Kohlensäure, theils zur hinreichenden Veräthlung mit der Luft mit Schaufeln gut durcheinander gearbeitet, wobei der gelbe Farbstoff durch Sauerstoffaufnahme in eine blaue unlösliche Verbindung übergeht, welche sich in kleinen Körnern zu Boden setzt, die man dann mit Wasser auskocht, noch feucht in Stücke formt und trocknet. Aus dem Baib schlägt man den Farbstoff mit Kaltwasser nieder und zieht nachher den kohlensauren Kalk wieder mit Salzsäure aus. Obgleich der Baib seit Jahrhunderten zum Blaufärben diente und namentlich zur Zeit der Continentsperre wieder sehr in Aufnahme kam, so ist er doch jetzt ziemlich in Vergessenheit gekommen, weil sein Pigment an Quantität und Qualität dem der indischen Pflanzen sehr nachsteht.

## Eigenschaften.

Der Indigo ist eine dunkelblaue feste Masse von mattem erdigen Bruch, nimmt aber durch Reiben mit glatten Körpern einen Kupferglanz an. Er ist bald leichter, bald schwerer als Wasser, was theils von fremden Beimengungen, theils von der Behandlungsweise bei der Darstellung herrührt. In Wasser, kaltem Alkohol, Äther, Salzsäure, verdünnter Schwefelsäure, kalten ätherischen und fetten Ölen ist der Indigo unlöslich; kochender Alkohol, heiße ätherische und fette Öle lösen etwas davon auf, lassen es aber beim Erkalten wieder fallen. Er löst sich in kaltem Bitriolöl mit schön blauer Farbe auf, 4 Theile derselben bilden mit 1 Th. Indigo beim Zerreiben unter Wärmeentwicklung und Aufschwellen eine schwarzblaue syrupdicke Masse, welche sich nach einigen Stunden mit blauer Farbe in Wasser auflöst, Indigotinctur. Englische Schwefelsäure braucht hierzu 12—24 Stunden und zerstört auch, vermöge ihres Gehaltes an Salpetersäure, einen Theil des Farbstoffs. Die Auflösung bleibt bei der Neutralisation mit kohlensaurem Kali oder Kalk blau und läßt nur einen Theil des veränderten Indigo als blaues Pulver fallen; dieselbe Fällung bewirken mehrere Neutralsalze, wie Salmiak, Kochsalz, Glaubersalz, Alaun u. Mit reinem Kali gibt er eine blaue, allmählig grün und farblos werdende Lösung. Der Indigo wird durch desoxydirende Substanzen wieder in den farblosen Zustand zurückgeführt, z. B. durch Wasserstoff, Schwefelwasserstoff, Schwefelarsenit, Eisenorydul, gährende oder faulende Körper, wie in Zersetzung begriffener Baib, Kleie, Krappwurzeln, Syrup u.

## Die verschiedenen Farbstoffe des Indigo.

Der Indigo ist ein Gemenge von 3 verschiedenen Farbstoffen, Indigbraun, Indigroth und Indigblau, welche ungefähr die Hälfte seines Gewichts ausmachen, dann aus Indigleim und erdigen Substanzen: Kieselsäure, Thonerde, Eisenoryd, Kalk- und Talkerde.

## Darstellung des Indigblau.

Verdünnte Schwefelsäure zieht den Indigleim aus, sodann kochende Kalilauge das Indigbraun und kochender Weingeist hierauf das Indigroth. Der Rückstand ist unreines Indigblau, welches man durch Reduction von fremdartigen Beimengungen reinigt. Man läßt es in einem verstopften Gefäße mit 3—4 Theilen gelöschtem Kalk und 2 Theilen Eisen-

vitriol ( $\text{FeS}$ ) nebst warmem Wasser einige Stunden in Berührung. Ein Theil des Kalks verbindet sich hierbei mit der Schwefelsäure des Eisenvitriols zu Gyps, das frei gewordene Eisenorydul entzieht dem Indigo einen Theil seines Sauerstoffs und verwandelt sich unter Aufnahme von Wasser in Eisenorydhydrat, der dadurch reducirte und wieder gelb gewordene Farbstoff, der an und für sich im Wasser unauflöslich ist, bildet mit dem andern Theile des Kalks eine in Wasser auflösliche Verbindung, während Gyps, Eisenorydhydrat und die dem Indigo beigemengten fremden Stoffe als Bodensatz zurückbleiben. Aus der abgessenen Flüssigkeit wird nun mit Salzsäure der gelbe Farbstoff gefällt, wobei er augenblicklich Sauerstoff an der Luft anzieht und als Indigblau niederfällt.

Das reine Indigblau  $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2$  besitzt eine tief purpurblaue Eigenschaft. Farbe, verwandelt sich bei  $290^\circ \text{C.}$  in einen purpurfarbigen Dampf, der sich an kalte Flächen als ebenso gefärbte Blättchen und Nadeln sublimirt, wobei aber auch viel Kohle zurückbleibt, während zugleich ein flüchtiges Brandöl entsteht. Es ist in Wasser, Weingeist, Äther, ätherischen und fetten Ölen, verdünnten Säuren und Alkalien unlöslich. Nur kochender Weingeist löst etwas Weniges davon auf, läßt es aber beim Erkalten wieder fallen. Von Chlor wird es zerstört und braungelb gefärbt, von schwefliger Säure aber nicht verändert. Rauchende Schwefelsäure löst es unter Wärmeentwicklung zur dunkelblauen Flüssigkeit auf, wobei sich Indigblauschwefelsäure, Indigblauunterschwefelsäure und Indigpurpur erzeugen. Durch Salpetersäure wird es zuerst in farblose Indigsäure  $\text{C}_{16}\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_6$ , dann in gelbe Pikrinsalpetersäure (Kohlenstickstoffsäure, Bittersäure oder Welter'sches Bitter)  $\text{C}_{12}\text{H}_4\text{N}_6\text{O}_{10} + \text{H}$  verwandelt. Letztere ist ein empfindliches Reagens auf Älkali, womit sie einen hellgelben Niederschlag bildet, besonders wenn beide in Alkohol gelöst sind.

In Berührung mit leicht oxydirbaren Stoffen, wie Eisen- und Zinnorydulsalzen, schwefligsauren Salzen, Schwefelkalium, Schwefelantimon, Schwefelarsenit, Eisen-, Zinn- und Zinkfeilspänen, faulenden Pflanzentoffen, wird es besonders bei Gegenwart von Alkalien und alkalischen Erden sehr schnell reducirt, in reducirten Indigo oder Indigweiß verwandelt, dessen Zusammensetzung man ausdrücken kann entweder durch die Formel:  $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O} + \text{H}$ , wonach also der Indigo wirklich durch diese Umwandlung Sauerstoff verliert ( $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2 - \text{O}$ ), oder durch die Formel:  $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2 + \text{H}_2 = \text{C}_{16}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_2$ , wobei kein Sauerstoff abgegeben, aber Wasserstoff aufgenommen würde. In beiden Fällen würde durch die desoxydirenden Stoffe Wasser zerlegt, dessen Wasserstoff im zweiten Falle sich unmittelbar mit dem Indigblau verbindet, im ersten aber dem letzteren Sauerstoff entzieht, um sich damit wieder zu Wasser zu verbinden. Oder: es wird der Sauerstoff unmittelbar dem Indigblau entzogen, welches dann in dieser Form nur als Hydrat bestehen kann und sich sogleich mit einem Atom Wasser verbindet.



**Anwendung.** Der Indigo bildet in der Färberei das wichtigste Material zur Herstellung blauer und mit gelben und rothen Pigmenten von grünen und violetten Farben für Wolle, Seide, Baumwolle und Leinwand, auch zum Färben des Papiers und als unschädlicher Stoff zum Färben der Lössen etc. In der Chemie wird die Auflösung desselben in Schwefelsäure als Reagens auf Chlor und die Lösung des reducirten Indigs zur Entdeckung kleiner Mengen von Sauerstoff in Gasgemengen oder Flüssigkeiten benutzt.

**Lackmus.** Das Lackmus, welches ursprünglich zu den rothen Farbstoffen gehört, ist bereits unter diesen (S. 343) abgehandelt worden.

**Verschiedene andere blaue Farbstoffe.** Überhaupt kommen die meisten organischen Stoffe, welche man als blaue Farbmaterialien benutzen kann, in den Pflanzen als rothe vor, nehmen erst in Berührung mit alkalischen Körpern eine blaue Farbe an und viele, die schon natürlich blau oder violett vorkommen, scheinen diese Färbung nur einer Verbindung mit Alkali zu verdanken, so daß es im Ganzen schwer zu entscheiden ist, ob ein solcher Farbstoff ursprünglich roth oder blau war. Man erhält blaue Farbstoffe namentlich aus den Blüten, wie von Viola, Iris, Aquilegia vulgaris, Malva sylvestris, Campanula, Aconitum, Delphinium, Centaurea cyanus<sup>1)</sup> und aus vielen rothen Farbstoffen der oben angeführten Früchte, aus rothen Rettigen, Blauholz etc.<sup>2)</sup>

#### 4) Grüne Farbstoffe.

**Grüne Farbstoffe. Blattgrün.** Die grüne Farbe ist am meisten im Pflanzenreiche verbreitet, alle Blätter und krautartigen oder jungen Stengel, alle unreifen Früchte der phanerogamischen Gewächse sind in der Regel grün, selbst die Blätter und Stengel der meisten Laubmoose; nur die niedrigeren Pflanzen, die Algen, Flechten und Schwämme sind anders gefärbt. Diese grüne Färbung wird durchgehend von dem nämlichen Farbstoff, dem Blattgrün hervorgerufen.

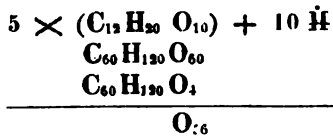
Das Blattgrün oder Chlorophyll  $C_{15}H_{18}N_2O_6$  ist ein Gemenge aus einer farblosen Wachsart  $C_{15}H_{30}O$  und einem grünen Farbstoffe. Den letzteren erhält man für sich, wenn man frische Blätter zerquetscht, mit Äther auszieht und letzteren abdestillirt. Der Rückstand wird mit heißem Alkohol ausgezogen, welcher beim Erkalten das Wachs abscheidet, filtrirt, abgedampft, mit Salzsäure ausgezogen, daraus durch Wasser das Blattgrün gefällt, ausgewaschen, mit Wasser ausgekocht und getrocknet. Das so erhaltene Blattgrün ist eine dunkelgrüne, gepulvert grasgrüne, in Wasser nicht, in Alkohol und Äther schwer, in Kalilauge mit geringem Rückstand lösliche und daraus wieder durch Essigsäure fällbare Masse, welche in höherer Temperatur ohne Schmelzung zerfällt wird. Schwefel- und

1) Man erhält daraus das Kornblumenblau, wenn man den aus den zerquetschten Blumenblättern gepreßten Saft mit etwas Alaun versetzt, als blaue Saftfarbe.

2) Über einen dunkelblauen Farbstoff aus einigen Moosarten, wie Bryum stellare, vgl. Jahrb. f. prakt. Pharm. 10. S. 245—246; pharm. Centralbl. 1845. S. 607.

Salzsäure lösen es mit smaragdgrüner Farbe auf. Wasser schlägt es aus dieser Auflösung nieder, während die Flüssigkeit eine Aquamarinfarbe annimmt. Durch Chlor wird es leicht gebleicht, durch Salpetersäure gelb gelöst und daraus durch Wasser nicht wieder gefällt. Von Alkalien wird es mit grüner Farbe gelöst, woraus sich beim Abdampfen Chlorophyllkali absetzt, was sich leicht in Wasser mit schön grüner Farbe auflöst. Durch Kalt- und Barytwasser, Alaunlösung und Bleioryd wird es grün gefällt. Durch Schwefelwasserstoff wird es nicht entfärbt, durch Zink aber, welches man in seine salzsaure Auflösung wirft (H), wird es gelb und an der Luft zum Theil wieder grün.

Es verhält sich also in dieser Beziehung wie Indigo, es wird durch Wasserstoff entfärbt und entsteht auch in diesem farblosen Zustande. Es wird nicht eher grün, als bis es die zu seiner Färbung nöthige Sauerstoffmenge findet, welche ihm bei der zugleich stattfindenden Entstehung von Wachs dargeboten wird. Dies ist auch der Grund, warum sich die Pflanzen nur an den dem Lichte ausgesetzten Stellen grün färben. Nur am Lichte wird Sauerstoff ausgeschieden. Das Gemenge aus grünem Farbstoff und Wachs, welches man im physiologischen Sinne mit Chlorophyll bezeichnet, entsteht nach den Beobachtungen von Mohl aus Stärkmehl. Er fand nämlich, daß das Chlorophyll, theils in Körnern, theils formlos, in den Pflanzen vorkommt. Die Körner werden von Alkohol nicht aufgelöst, sondern bloß einer grünen Schichte von Wachs und Blattgrün beraubt. Der zurückbleibende farblose Kern ist ein Amylontörnchen. Die gallertartige Chlorophyllhülle dieser Amylontörnchen vereinigt sich später mit der des zunächst liegenden und endlich mit noch mehreren unter allmähligem Verschwinden des Amylontörnchens; es entsteht so das formlose Chlorophyll. Man kann es sich so vorstellen, daß 5 Atome Amylon 4 Atome Wachs und 56 Atome Sauerstoff liefern:



Erfordert nun auch der noch ungefärbte Farbstoff eine gewisse Menge Sauerstoff, um grün zu werden, so ist doch diese Quantität im Verhältnisse zu der bei der Wachsbildung ausgeschiedenen so gering (etwa wie die des Farbstoffes gefärbter Zeuge), daß man den Übergang des Stärkmehls in Chlorophyll als die Ursache der Sauerstoffentwicklung durch die grünen Pflanzentheile annehmen kann. Zur Bildung des Farbstoffes ist übrigens außer Stärkmehl auch noch ein stickstoffhaltiger Körper nöthig, über dessen Natur man noch nichts weiß. Nach Mulder ist es wahrscheinlich Protein.

Die Auflösung des reinen Blattgrüns färbt sich am Sonnenlicht in wenig Stunden gelb, daher die gelbe Färbung der Blätter im Herbst, wenn die Sauerstoffentwicklung, d. h. die Wachsbildung, aufhört. Das

Blattgelb scheint also desoxydirtes Blattgrün zu sein; es läßt sich wenigstens durch desoxydirtende Körper nicht wieder in Grün umwandeln. Die rothe Färbung der Blätter im Herbst und auch die bei einigen Gewächsen, wie *Fagus sylvatica* var. *purpurea* im Sommer vorkommende rothe Farbe dagegen wird durch desoxydirtende Stoffe, wie schwefelsaures Eisenoxydul, schön grün. Die braune Färbung der absterbenden Blätter ist die Folge von Humusbildung, einer Zersetzung des Pflanzenzellstoffs in Uminsäure, wodurch alle anderen Farbstoffe der Blätter verdeckt werden. Ebenso scheint es sich mit der Farbe der Früchte zu verhalten. Beim Auswaschen von durch kohlensauren Kalk gefälltem Chlorophyll mit verdünnter Salzsäure zeigt die schwachsaure Lösung nach Mulder eine sehr schöne indigblaue Färbung, während der grüne Farbstoff auf dem Filter bleibt. Es mag demnach wohl auch der blaue Farbstoff mancher Pflanzentheile seinen Ursprung dem Chlorophyll verdanken.

Berzelius unterscheidet drei verschiedene Modificationen des Chlorophylls: 1) Das der frischen Blätter, welches sich in kochender Essigsäure mit apfelgrüner Farbe löst und beim Erkalten mit gleicher Farbe niederschlägt; 2) Das Chlorophyll der trockenen Blätter, welches sich indigblau auflöst und dunkelschwarzgrün abscheidet; 3) Das der dunkel gefärbten Blätter, z. B. von *Pyrus aria*, welches sich grünlichbraun auflöst und ebenso abscheidet<sup>1)</sup>.

**Holzgrün.** Das vermoderte Holz zeigt bisweilen eine grüne bis indigblaue Farbe, welche von einem eigenen bei diesem Zersetzungsprozesse entstehenden Farbstoffe, dem Holzgrün herrührt. Es ist eine dunkelgrüne, etwas in Alkohol, nicht in Äther und Wasser, wohl aber in alkalischen Flüssigkeiten, Salpetersäure und Schwefelsäure ohne Zersetzung lösliche Substanz.

**Saftgrün.** Das Saftgrün findet sich im Saft der reifen Kreuzbeeren, *Rhamnus cathartica* (die unreifen Beeren geben Gelb, die überreifen Roth, s. *Rhamnus* gelb S. 339 u. 345). Der Saft wird zur Syrupdicke verdampft, auf jedes Pfund rohen Saft  $\frac{1}{2}$  Quentchen Alaun oder Alaun und Pottasche zugesetzt und dann bei gelinder Wärme zur Trockne verdunstet. Das in Wasser lösliche Pigment wird durch Alkalien gelb, durch Säuren roth gefärbt, durch Kreide wieder grün. Es kommt in Blasen gepackt unter dem Namen Saft- oder Blasengrün in den Handel und wird in der Wassermalerei zum Illuminiren gebraucht.

Die unreifen Beeren der Tollkirsche (*Atropa Belladonna*) und der Wolfsbeere (*Paris quadrifolia*) liefern gleichfalls grüne Malerfarben. Das Kraut von *Senecio Jacobaea* und *Polypodium filix mas* färbt die Wolle zwar schön dunkelgrün, aber nicht dauerhaft. Auch die innere Rinde des Traubenkirschenbaums, Faulbeerstrauchs und die Heidelbeerblätter hat man zum Grünfärben angewendet.

<sup>1)</sup> Näheres hierüber in *Compt. rend.* 1838. Nr. 19 und von da im *pharm. Centralbl.* 1838. S. 587—588.

## Eiweißartige Pflanzenstoffe.

Man kann zu dieser Abtheilung eine Reihe von indifferenten, stickstoff- und meist auch schwefelhaltigen, amorphen, farblosen Körpern rechnen, welche fast sämmtlich in allen Pflanzen vorkommen. Sie sind alle in alkalischen Flüssigkeiten und bis auf den Pflanzenleim und das Fibrin auch in Wasser auflöslich. Aus ihren Auflösungen, die sich an der Luft sehr bald zersetzen, werden sie größtentheils durch Alkohol, mehrere auch durch überschüssige Mineralsäuren und zum Theil schon bei Abwesenheit von Alkalien durch bloßes Kochen aus ihren wässerigen Lösungen gefällt. Sie werden in höherer Temperatur zersezt unter Bildung eigenthümlich stinkender, flüchtiger, ammoniakalischer Produkte und sind ohne besonderen Geschmack und ohne arzneiliche oder giftige Wirkung auf den Organismus.

Eiweißartige Pflanzenstoffe

Drei davon, das Pflanzenalbumin, Pflanzenfibrin und Pflanzencasein besigen den gemeinschaftlichen Charakter, sich unter Zerlegung in mäßig starker Salzsäure mit indigo- oder violettblauer Farbe zu lösen. Wenn sie in Kalilauge gelöst und gekocht werden, so entsteht aus ihrem Schwefelgehalt Schwefelkalium und bei vorsichtigem Neutralisiren mit Essigsäure nach vollständiger Ausziehung des Schwefels, erhält man unter Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas einen gelatinösen Niederschlag, welcher bei allen dreien eine gleiche Zusammensetzung besizt. Mulder, welcher die Bildung dieses Körpers zuerst beobachtet hatte, nannte ihn als die Grundlage dieser Körper Proteïn (von *πρωτείνω*, bin der erste) und alle Verbindungen, aus denen er darstellbar ist, Proteïnverbindungen. Man fand ihn, wenn auch von anderer Form, doch von gleichem chemischen Verhalten in den entsprechenden Substanzen der Thiere.<sup>1)</sup>

Protein und Proteinverbindungen.

Das Proteïn  $\text{Pr} = \text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{N}_{10}\text{O}_{12}$  bildet im feuchten Zustande durchscheinende, grauliche Flocken, die beim Trocknen gelblich, hart und spröde werden. Es ist geschmack- und geruchlos, zieht begierig Wasser aus der Luft an, welches es bei  $100^\circ \text{C}$ . wieder verliert. In Wasser sinkt es unter, schwillt an, ist aber weder in Wasser, noch in Alkohol, Äther oder flüchtigen Ölen löslich. Durch anhaltendes Kochen löst sich etwas davon, aber in verändertem Zustande im Wasser auf. Essigsäure und Phosphorsäure lösen es bei jedem Concentrationsgrad, die anderen Mineralsäuren nur im verdünnten Zustande. Concentrirte Säuren fällen aus dieser Lösung eine darin unlösliche Verbindung des Proteïns mit der Säure. Aus den sauren Lösungen wird es gleichfalls durch Blutlaugensalz, Gerbsäure und Neutralisation mit Alkali gefällt.

1) Die Haltbarkeit der Proteïntheorie wird durch Laszkowski in Zweifel gezogen, welcher bei seinen, unter Liebig's Leitung angestellten Versuchen fand, daß das Proteïn nicht frei von Schwefel zu erhalten sei. Vgl. Ann. d. Chem. u. Pharm. 58. S. 129—166, oder von da pharm. Centralbl. 1846. S. 513, und als Nachfertigung: Mulder, neue Beiträge zur Geschichte des Proteïns u. Frankfurt a. M., Keller. 1846.

Von concentrirter Salzsäure wird es mit indigblauer Farbe gelöst, beim Kochen wird die Lösung schwarz. Mit concentrirter Schwefelsäure bildet es eine Gallerte, die sich in Wasser zusammenzieht und, nach dem Auswaschen mit Wasser und Alkohol, Lactmus nicht röthet, in Alkalien löslich ist, 8,34 Schwefelsäure enthält und von Mulder Proteïnischwe-felsäure genannt wird. Mit verdünnter Schwefelsäure gekocht wird es purpurfarbig.

Mit Alkalien und alkalischen Erden bildet das Protein in Wasser leicht lösliche, durch Alkohol fällbare Verbindungen.

Albumin oder  
Eiweißstoff.  
Vorkommen.

Das Albumin, Thier- oder Pflanzeneiweißstoff,  $10 \text{ Pr} + \text{PS} = \text{C}_{400}\text{H}_{620}\text{N}_{100}\text{PSO}_{120}$  findet sich nur an Alkali gebunden in der Natur und zwar als einer der wichtigsten Bestandtheile des Thier- und Pflanzenkörpers. Die concentrirtesten Lösungen desselben sind das Eiweiß (gegen 12%) und das Blutwasser (8%). Es findet sich ferner in allen Pflanzensäften gelöst, am reichlichsten in den sogenannten Gemüsepflanzen, ferner in dem weißen Bestandtheil der ölreichen Samen.

Eigenschaften.

Man unterscheidet zwei polymere Modificationen, nämlich ungeronnenes, oder a Albumin und geronnenes, oder b Albumin.

a Albumin.

Das a Albumin bildet im trockenen Zustande ein weißes oder blaßgelbliches Pulver, das geruch- und geschmacklos ist und bis 100° C. ohne Veränderung erhitzt werden kann. Im Wasser schwillt es allmählig an und löst sich endlich zur schleimigen, schäumenden, geschmack- und farblosen Flüssigkeit, welche beim Erhitzen bis 60° C. trüb wird und zwischen 62 und 75° erstarrt und zwar bei 1 Theil Albumin auf 7 Th. Wasser zur festen, bläulichweißen, emailartigen, durchscheinenden Masse. Bei größerer Verdünnung gerinnt es bloß in Flocken. Alkohol coagulirt Albumin in concentrirten Lösungen, ebenso auch Äther. Von letzterem wird jedoch Blutalbumin nicht gefällt und dessen Zusammensetzung ist  $10 \text{ Pr} + \text{PS}_2$ . Auch durch geringe Mengen Kreosot und Gerbsäure gerinnt es. Mit Schwefelsäure und anderen anorganischen Säuren coagulirt es nur bei einem Überschuß der Säure oder beim Erhitzen. Mit Alkalien und alkalischen Erden, Erden und Metallsalzen geht es auflösliche Verbindungen ein, welche aber sämmtlich b Albumin enthalten.

b Albumin.

Das b Albumin besteht aus gelblichen, durchscheinenden harten Stücken, die erst unter Zersetzung schmelzen und dabei wie a Albumin Schwefelammonium entwickeln. Es schwillt im Wasser allmählig an, wird leicht und emailartig und löst sich nach langem Kochen mit Wasser verändert theilweise darin auf. Es ist unlöslich in Alkohol, Äther, flüchtigen und fetten Olen, löst sich in verdünnten Säuren auf, wird aber vom Überschuß derselben mit Ausnahme von c Phosphorsäure und Essigsäure gefällt. Alkohol fällt auch die in Wasser gelösten Verbindungen des b Albumins mit Säuren. Es löst sich in verdünnten Auflösungen der Alkalien und alkalischen Erden, wird aber daraus wieder durch einen beträchtlichen Überschuß des Alkali oder durch Alkohol gefällt.

Das **Casein**, Legumin oder der Käsestoff 10 Pr + S ist im alkalishaltigen Zustande ein Hauptbestandtheil der Thiermilch, der Hülsenfrüchte und auch in den öligen Samen neben Pflanzenalbumin enthalten. Casein  
(Legumin).  
Vorkommen.

Um das Pflanzencasein zu erhalten, reibt man in warmem Wasser Darstellung. erweichte Bohnen, Linsen oder Erbsen zum feinen Brei und dann mit vielem Wasser zusammen, gießt die Flüssigkeit durch ein feines Sieb, worauf die Hülsen zurückbleiben, während Stärkmehl und Casein durchfließen. Ersteres setzt sich am Boden ab, letzteres ist in der Flüssigkeit gelöst, woraus man es durch wenig Essigsäure fällt, mit Wasser, dann mit Alkohol und endlich mit Aether auswäscht.

So dargestellt hat das Casein das Aussehen von Stärkelleister, bläut geröthetes Lackmuspapier (was es nach dem Trocknen nicht mehr thut). In diesem ungeronnenen Zustande heißt es a Casein, während das geronnene mit b Casein bezeichnet wird. Eigenschaften.

Das a Casein bildet im trockenen Zustande eine gelbliche, durchsichtige a Casein. Masse, die in der Wärme, ohne zu gerinnen, schmilzt, in Wasser vollkommen löslich ist, beim Abdampfen sich mit einer Haut überzieht, von Säuren gefällt, von überschüssiger Oxal- oder Weinsäure, nicht aber von Essigsäure gelöst wird. Diese sauren Niederschläge werden von Schwefel- und Salpetersäure gefällt. Es löst sich, obgleich nur schwierig, in Alkohol auf und wird aus dieser Auflösung durch überschüssige Säure nicht gefällt, wie denn auch Alkohol die sauren Verbindungen des Käsestoffes leicht auflöst. Mit Alkalien und alkalischen Erden bildet es lösliche, durch einen Ueberschuß der Basis und durch Erd- und Metallsalze wieder fällbare Verbindungen.

Das b Casein, welches man durch Erwärmen von a Caseinlösung mit Essigsäure erhält, ist im trockenen Zustande gelblich, durchscheinend und hart, quillt in Wasser langsam zur weißen, undurchsichtigen Masse auf. Vor dem völligen Austrocknen erhitzt, erweicht es zur elastischen, fadenziehenden Masse, die endlich bei steigender Hitze unter Schmelzen zersetzt wird. Es ist unlöslich in Alkohol und Aether und verhält sich gegen Säuren wie b Albumin, wobei die Lösungen b Casein enthalten, da es nicht wieder in den ungeronnenen Zustand zurückzuführen ist. Auch gegen Alkalien und Metallsalze verhält es sich wie Albumin. Das frisch gefällte Casein geht, indem es allmählig durchscheinender wird und einen üblen Geruch entwickelt, in eine lange dauernde Fäulniß über. b Casein.

Das Pflanzencasein bildet nebst dem Fibrin und Albumin die nächstrendsten Bestandtheile der Vegetabilien, welche bei der Verdauung, um in die entsprechenden Thierstoffe überzugehen, nur eine Änderung der Structur und ihres Phosphor- und Schwefelgehalts zu erleiden haben.

Wenn man das Mehl der Getreidesamen oder besser die ganzen, in Wasser erweichten und zerquetschten Samen, in ein Tuch gebunden, so lange unter Wasser durchknetet, als dieses noch Stärkmehl durchspült und deshalb milchig abläuft, so bleibt endlich ein flebriger, fadenziehender, dehnbarer Rückstand, von blaßgelblichgrauer Farbe, der Kleber (Gluten). Kleber  
(Gluten).

Es ist dies ein Gemenge von drei verschiedenen Stoffen: Pflanzenfibrin, Pflanzenleim und Mucin.

Pflanzenfibrin.

Das Pflanzenfibrin (Labbei's Zymom)  $10 \text{ Pr} + \text{PS}$ , welches durch Ausziehen des Pflanzenleims aus dem Kleber mittelst siedenden Alkohols erhalten wird und in seiner Zusammensetzung mit dem Thierfibrin übereinstimmt, ist eine weißlich graue, weiche und elastische, aber nicht Klebende, in Wasser, Ammoniak, kaltem und kochendem Alkohol nicht, wohl aber in schwachen alkalischen Laugen auflösliche Substanz, welche aus letzterer Lösung durch Neutralisation mit Essigsäure gefällt wird.

Pflanzenleim.

Den Pflanzenleim =  $10 \text{ Pr} + \text{PS}$ , also isomer mit Fibrin, erhält man durch Auskochen des Klebers mit Alkohol und Fällen der Auflösung durch Verdünnen mit Wasser und Abdampfen, wobei sich am Ende Pflanzenleim niederschlägt, während Mucin gelöst bleibt. Er ist im feuchten Zustande eine weiße, ober gelblichgraue, klebrige, fadenziehende, geschmack- und geruchlose Masse, die allmählig zu einem bräunlichen, spröden Körper eintrocknet. Er ist in Wasser und Äther nicht, wohl aber in Alkohol, zumal erhitztem löslich, bildet mit Säuren in Wasser lösliche Verbindungen, die von einem Ueberschuß der Säure, Phosphor- und Essigsäure ausgenommen, gefällt werden. Auch durch kohlensaures Ammoniak, Kaliumeisencyanür und Gerbsäure werden sie niedergeschlagen. Verdünnte Lösungen der freien und kohlensauren Alkalien und alkalischen Erden lösen ihn leicht auf. Durch Wasser, welches doppeltkohlensaure Kalkerde gelöst enthält (Brunnenwasser), erhärtet er und ist darin unlöslich. Durch Albumin und Gummi wird er etwas in Wasser löslich, auch durch Kochen von Stärke mit Wasser. Letztere Auflösung erstarrt beim Erkalten gallertartig.

Mucin.

Das Mucin erhält man am besten, wenn man den Kleber in Essigsäure anschwellen läßt und das Fibrin und Mucin durch Alkohol fällt, während der Pflanzenleim gelöst bleibt, und beide ersteren durch Wasser trennt. Es bildet eine feste, farblose und durchsichtige Masse, die mit Wasser übergossen zum farblosen Schleim aufweicht, sich in 35 Theilen Wasser löst, in Alkohol, Essigsäure und Alkalien aber kaum löslich ist und durch Erhitzen nicht gerinnt. Die wässerige Auflösung wird durch Gerbsäure und schwefelsaures Eisenoxyd gefällt, nicht aber durch andere Metallsalze. Es besitzt in geringem Grade die Eigenschaft, Stärkemehl in Gummi und Krümelzucker zu verwandeln. Seine Zusammensetzung stimmt wahrscheinlich mit der des Fibrins und Pflanzenleims überein.

Diaffase.

Die Diaffase entsteht beim Keimen der Getreidesamen und scheint ein bis zu einem gewissen Punkte zerfester Kleber zu sein. Man erhält sie am besten aus Malz, wenn man dasselbe befeuchtet, mit gleich viel Wasser zerreibt und die unklare Flüssigkeit anspreßt. Man coagulirt durch etwas Alkohol das Eiweiß, fällt dann durch mehr Alkohol die Diaffase, löst sie in Wasser auf, fällt wieder und wiederholt das einige Mal.

Die Diaffase ist eine feste, weiße, nicht in Alkohol, aber in Wasser und schwachem Weingeist lösliche Substanz. Die wässerige Lösung ist

ohne Reaction und besonderen Geschmack, wird nicht durch basisch essigsaures Bleioryd gefällt, zerfällt sich bald in Auflösung und verliert hier, wie auch im trockenen Zustande, wenn auch etwas später (durch Kochen mit Wasser aber augenblicklich), die Eigenschaft, auf Stärkmehllösung zu wirken. Diese Einwirkung besteht nämlich darin — und 1 Theil Diastase reicht dabei schon auf 2000 Th. Stärkmehl hin — einen Stärkekleister bei einer Temperatur von 65 bis 70° C. vollkommen zu verflüssigen, wobei das Stärkmehl in Stärteggummi und bei längerer Einwirkung der Diastase in Zucker übergeht.<sup>1)</sup>

Diese Wirkung erfolgt auch, wiewohl viel langsamer, bei gewöhnlicher Temperatur und sie ist es wahrscheinlich, welche das im Samen angehäuften Stärkmehl in den für die keimende Pflanze tauglichen, assimilationsfähigen Zustand überführt, denn das Malz unterscheidet sich auffallend von der ungekeimten Gerste durch seinen süßen Geschmack. Guérin widerspricht zwar dieser Ansicht, da die Diastase nach allen Versuchen nicht durch die unverletzten Hüllen des Stärkmehls, sondern nur auf Kleister zu wirken vermöge, allein es steht noch sehr in Frage, ob diese Hüllen der Stärkmehlkörner nicht erst durch die Einwirkung der Luft in den undurchdringlichen Zustand übergehen, so daß sie im Innern des Samens noch in einem von der Diastase durchdringbaren Zustande wären.

Das Emulsin, oder wie es auch heißt, die Synaptase findet sich Emulsin. in der in den öligen Samen, Mandeln, Ballnüssen, Bucheln u. enthaltenen weißen Materie. Man erhält es, wenn man die zerquetschten Samen durch Schütteln mit Äther von Öl befreit, mit Wasser auszieht, mit Alkohol fällt und auswäscht. Es ist ein weißes geruch- und geschmackloses Pulver, in Wasser löslich, in Alkohol und Äther nicht. Die wässrige Lösung gerinnt durch Erhitzen. In seinem sonstigen Verhalten stimmt es ganz mit dem Albumin überein, zeichnet sich aber durch die Eigenschaft aus, in Gegenwart von Wasser, Amygdalin in Bittermandelöl und Blausäure zu zerlegen. Vgl. Amygdalin S. 335.

Das Myrosyn ist eine dem Emulsin ganz analoge Substanz, und Myrosyn. findet sich im schwarzen und weißen Senffamen. Man kann es jedoch für sich nur aus dem weißen erhalten, weil der schwarze Senf zugleich Myronsäure enthält, womit es sich bei der Gegenwart von Wasser (wie das Emulsin mit Amygdalin) zerlegt. Man zieht weißen Senf mit kaltem Wasser aus, dampft bei nicht mehr als 40° C. zur Syrupdicke ab und

---

1) Bouchardat hat durch eine Reihe von Versuchen nachgewiesen, daß nicht bloß Diastase die Stärkmehlgallerte in Dextrin und Traubenzucker umwandelt, sondern auch Pflanzenkeim, Eiweißstoff, gefaultes Fleisch, gefaulter Kleber und vorzüglich frischer, roher Kleber in Pulverform, Eiweiß von gekleiteter Gerste dieselbe Wirkung haben; Säuren, fixe Alkalien und Gifte aber dieselbe aufheben. Nach Andern haben auch Speichel und Magensaft die Eigenschaft, Dextrin und Zucker aus Stärkmehl zu bilden. Man hat daher auch im Blute Zucker gefunden. (Vgl. S. 317.)



versezt mit Alkohol, wodurch das Myrosin gefällt wird. Der Niederschlag wird in Wasser gelöst und bei gelinder Wärme eingetrocknet.

Es ist dem Emulsin sehr ähnlich, bildet mit Wasser eine schleimige durchsichtige Lösung, die durch Erwärmung bis 60° C., durch Alkohol und Säuren leicht coagulirt. Das Senföl präcipitirt nicht im schwarzen Senf, sondern ist erst das Produkt der gegenseitigen Zersetzung von Myrosin und Myronsäure.

Letztere erhält man aus dem schwarzen Senf durch Zersetzung des darin enthaltenen myronsauren Kali durch Weinsäure, oder des Barytsalzes durch Schwefelsäure, sie ist eine geruchlose, bitter-schmeckende, nicht kryallisirbare, in Wasser und Weingeist, kaum in Äther lösliche Masse von deutlich saurer Reaction.

Der weiße Senffame enthält keine Myronsäure, sondern bloß Myrosin, und gibt daher auch bei der Destillation mit Wasser kein ätherisches Öl, während der schwarze Senf beide, Myrosin und Myronsäure enthält. Wird daher das Myrosin des schwarzen Senfs durch Wärme oder Alkohol coagulirt, also unwirksam gemacht, so gibt der schwarze Senf, wenn er mit Wasser angerührt wird, keine Spur von Senföl mehr, liefert aber, sobald man ihn dann mit Myrosin aus weißem Senf mengt, das Senföl in unverminderter Menge. Mit dem Emulsin oder mit Bierhefe erzeugt aber die Myronsäure ebensowenig Senföl, als Myrosin mit Bierhefe oder Amygdalin Bittermandelöl.

### Zersetzung organischer Körper durch atmosphärische Einflüsse.

Je einfacher die Zusammensetzung einer organischen Verbindung, je geringer die Anzahl der darin enthaltenen Atome der Elemente ist, desto beständiger ist dieselbe, desto weniger der Zersetzung unterworfen; aus je mehr Elementen und in je größeren Atomzahlen dieselbe zusammengesetzt ist, um so schwächer ist die Verwandtschaftskraft, welche ihre Bestandtheile zusammenhält, um so mehr ist sie geneigt, sich in ihre Elemente, oder wenigstens in einfachere Verbindungen derselben zu zerlegen. Die Gegenwart von Wasser und der Zutritt von Sauerstoff oder atmosphärischer Luft sind hinreichend, bei mittlerer Temperatur solche Zersetzungen einzuleiten, welche man mit den Namen Gährung, Fäulniß, Verwesung und Vermoderung bezeichnet.

Einteilung  
dieser  
Zersetzungs-  
processe.

Diese Zersetzungen erfolgen entweder 1) unter gleichzeitiger Gegenwart von Luft und Wasser, 2) bei Gegenwart von bloßem Wasser, oder 3) bei Gegenwart von bloßer Luft.

Verwesung.

Erfolgt die Zersetzung organischer Körper unter gleichzeitiger Gegenwart von Luft und Wasser, so heißt sie Verwesung. Der Sauerstoff der Luft verbindet sich mit dem Wasserstoff der organischen Substanz zu Wasser, während der Sauerstoff derselben mit einem Theile ihres Kohlenstoffs als Kohlensäure entweicht — und ein kohlenstoffreicher Körper bleibt zurück. Oder die Ausscheidung von Kohlensäure unterbleibt, es wird bloß

Wasserstoff durch den Sauerstoff der Luft entzogen, wie bei der Entstehung der Essigsäure aus Weingeist. Wasser ist zwar zur Verwesung nothwendig, nicht aber, um selbst dabei eine Zersetzung zu erleiden, sondern nur, um die Oxydation des Wasserstoffs aus der Luft einzuleiten, es reicht deshalb zur Verwesung schon eine kleine Menge Wasser, eine mäßige Befeuchtung hin, wodurch auch der freie Zutritt um so weniger gehemmt wird.

Ist die Luft abgeschlossen, aber eine ziemlich große Menge Wasser zugegen, so tritt die Fäulniß ein, jene Zersetzung organischer Substanzen, an welcher der Sauerstoff der Atmosphäre keinen Antheil nimmt, eine Verbrennung von einem oder mehreren Elementen der Substanz entweder auf Kosten des in der letzteren selbst enthaltenen Sauerstoffs, oder des Sauerstoffs des Wassers, oder auf Kosten beider zugleich.

Den ersten Fall, oder die Fäulniß, bei welcher kein Wasser zersetzt Gährung. wird, hat man Gährung genannt; sie findet nur beim Zucker statt; den zweiten, oder die Fäulniß, welche unter Wasserzersetzung erfolgt, bezeichnet man mit dem Namen der eigentlichen Fäulniß.

Ein faulender Körper geht in Verwesung über, sobald die Luft hinreichenden Zutritt erhält, mag auch die Wassermenge dieselbe bleiben, indem der freie Sauerstoff der Luft leichter aufgenommen wird, als der chemisch gebundene des Wassers. Ein verwesender Körper geht daher nicht eher in Fäulniß über, als bis die Luft abgeschlossen ist.

Bei Gegenwart von wenig Luft und Abwesenheit von Wasser tritt Vermoderung. Fäulniß und Verwesung zugleich ein. Man hat diesen Zersetzungsprozeß die Vermoderung genannt. Die Holzfaser vermodert in der Tiefe des Bodens zu Braun- und Steinkohle, während sie an der Oberfläche der Erde, bei ungehindertem Zutritt von Luft und Gegenwart von Wasser verwest zu Humus und unter Wasser versaut zu Torf.

Diese Begriffsbestimmungen waren früher weniger genau geschieden. Man nahm sehr häufig Verwesung und Fäulniß für gleichbedeutend, was auch jetzt nicht selten noch geschieht und um so schwieriger zu vermeiden ist, als die Grenze zwischen beiden in der Wirklichkeit nicht so genau gezogen ist, als in der Theorie.

Alles, was Wasser- oder Sauerstoff bindet, oder mit dem organischen Körper eine beständige Verbindung bildet, ebenso eine hohe oder sehr niedrige Temperatur verhindern diese Zersetzungen.

Fäulniß- oder gährungswidrig u. wirken daher Auspressen, Austrocknen, Alkohol, Kochsalz, größere Mengen von Zucker und Essig durch Entziehung von Wasser; Fett, schwefelhaltige flüchtige Öle, schweflige Säure und größere Mengen von Kohlenensäure theils durch Luftabschluß, theils durch größere Verwandtschaft zum Sauerstoff und Wasser; Alkalien, Metallsalze, Gerbstoff durch Erzeugung von beständigeren Verbindungen mit den organischen Substanzen; Eisbälte und Siedbige durch Festwerden, oder Verflüchtigung des Wassers.

Fette, Harze und ätherische Öle sind so wenig, als alle übrigen organischen Substanzen, absolut unverwesbare Substanzen. Sie scheinen es Ob auch die Fette u. Harze verwesen?

nur zu sein, und werden in der Regel dafür angesehen, weil sie wegen geringer Adhäsion zum Wasser, dasselbe nicht aus der Luft anziehen und wenn sie selbst damit benetzt werden, es an ihrer Oberfläche früher wieder verdunsten lassen, als es einen bemerkbaren Zersetzungsprozeß einleiten kann. Aber wo sollten die enormen Mengen Harz und Wachs hinkommen, welches das verwesende Laub jährlich dem Waldboden zuführt. Der Boden müßte in einer gewissen Tiefe fast nur aus Harz und Wachs bestehen.

Wir können diese Zersetzung selbst täglich mit unseren Blicken verfolgen. Die Fette verwandeln sich allmählig in Fettsäuren (werden ranzig) und in harzähnliche Stoffe, auch die ätherischen Öle verharzen. Die Harze erleiden gleichfalls wieder Veränderungen. Es ist bekannt, daß der Copal um so leichter in Weingeist löslich wird, je länger er im gepulverten Zustande der Luft ausgesetzt wird, ebenso Schellack <sup>1)</sup>, um so schneller, wenn er bisweilen befeuchtet wird <sup>2)</sup>. Wie schnell erblindet nicht der Glanz jener Lackfirnisse, welche der Bitterung oder häufiger Berührung mit Wasser ausgesetzt sind, das Wasser benetzt sie immer leichter, durchdringt sie, sie schwellen davon an, lösen sich endlich ganz darin auf und lassen nichts als das damit gemengt gewesene Farbmateriale zurück. Das Harz und Wachs der Blätter und anderen Pflanzentheile ist beim Verwesens der letzteren äußerst fein zertheilt, es findet außerdem hinlänglich Luft und Feuchtigkeit in den oberen Bodenschichten statt, um gleichfalls, wenn auch etwas später als diese, der Verwesung zu unterliegen.

Man darf nur reinen Talg, weißes Wachs, irgend ein Harz von heller Farbe in möglichst fein zertheiltem Zustande (gepulvert oder geschabt, oder indem man damit getränkten Quarzsand mit nassem Quarzsand mengt) unter stetem Befeuchten der Luft aussetzen. Schon nach einem Vierteljahre zeigen sich deutliche Veränderungen, sie färben sich sämmtlich bräunlich und besonders der Talg wird später ganz schwarz und sehr weich. Ich zweifle nicht, daß in wenigen Jahren eine vollständige Zersetzung eintritt. Man braucht nur ein wenige Monate altes Stück Talg entzwei zu schneiden, so zeigt es schon eine dicke gelbe Rinde nach Außen. Diese Körper unterliegen der Verwesung langsam, aber sie entgehen ihr nicht.

Zersetzung  
stickstofffreier  
Substanzen  
an der Luft,

Am einfachsten ist der Hergang bei der Zersetzung stickstofffreier Körper beim Zutritt der Luft, der Sauerstoff der Luft verbindet sich mit dem Wasserstoff des organischen Körpers zu Wasser, während der Kohlenstoff und Sauerstoff als Kohlensäure entweichen. Es ist ein einfacher Drydationsprozeß.

von stickstoff-  
haltigen  
Substanzen.

Stickstoffhaltige Substanzen sind, wenn sie weder zu viel noch zu wenig Stickstoff enthalten, weit mehr zur Zersetzung geneigt, als die stickstofffreien, weil hier die Verwandtschaft mehrerer Elemente zu gleicher Zeit wirkt und die Stickstoffverbindungen überhaupt, auch selbst die anorganischen sich durch leichte Zersetzbarkeit auszeichnen. Der Wasserstoff des Wassers,

1) Leuchs' polytechn. Zeitung. 1845.

2) Artus' allgem. pharm. Zeitschrift. 1846. Heft. IV.

welches von diesen Körpern zersetzt wird, verbindet sich zum Theil mit dem Stickstoff des organischen Körpers zu Ammoniak, während der Sauerstoff mit dem Kohlenstoff und einem Theil Wasserstoff Kohlensäure und organische Säuren, wie Milchsäure bildet. Kohlensäure und Wasserstoffgas und wenn der organische Körper etwas Phosphor und Schwefel enthielt, auch kleine Mengen von Phosphor- und Schwefelwasserstoffgas entweichen. Durch eine weitere Drydation des Ammoniaks an der Luft vermag sich auch salpetersaures Ammoniak zu erzeugen.

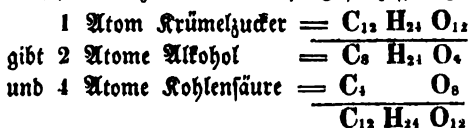
Unter Wasser zersetzen sich stickstofffreie Substanzen in Kohlensäure und Grubengas ( $\text{CH}_4$ ) unter Zurücklassung saurer- und wasserstoffarmer oder kohlenstoffreicher Körper (Huminsäure und Humin). Stickstoffhaltige liefern dieselben Produkte nebst Ammoniaksalzen.

Zerzeugung unter Wasser.

Die stickstoffhaltigen Körper gehen nicht nur äußerst leicht in Fäulniß und Verwesung über, sondern rufen dabei selbst in stickstofffreien Körpern eine Zerzeugung hervor, wenn sie damit in Berührung kommen, mögen letztere sonst der Zerzeugung noch so hartnäckig widerstehen. Körper, welche an und für sich bei gewöhnlicher Temperatur der Zerzeugung kaum merklich unterliegen, wie der Zucker, sondern erst durch Berührung mit stickstoffhaltigen Körpern, welche in Zerzeugung begriffen sind, diese nehmen auch bei der so eingeleiteten Zerzeugung weder Sauerstoff, noch Wasser auf, sondern die Elemente derselben gruppiren sich nur zu stabileren Verbindungen. Der Zucker verwandelt sich dabei in Alkohol und Kohlensäure. Dieser Prozeß heißt Weingährung, weil darauf die Erzeugung des Weines beruht, zum Unterschiede von der Essiggährung, die man früher auch für einen der Weingährung analogen Prozeß hielt und Essiggährung nannte, während dieselbe als eine Drydation zu den Verwesungsprozessen gehört.

Gährung.

Weingährung.



Man hat gefunden, daß die Summe der Gewichte des Alkohols und der Kohlensäure, welche bei der Gährung des Rohrzuckers entstehen, mehr betragen, als das Gewicht des zeretzten Zuckers. Dieser Mehrbetrag ergibt sich als Wasserstoff und Sauerstoff, in dem Verhältnisse, wie sie Wasser bilden, im Alkohol. Der Rohrzucker nimmt also 1 Atom Wasser auf, d. h. er verwandelt sich in Krümelzucker, bevor er in Gährung übergeht. Dasselbe ist beim Milchzucker der Fall.



Die Weingährung tritt ein, wenn der Zucker in einer hinreichenden Menge Wasser (mehr als die 4fache vom Gewichte des Zuckers) bei einer Temperatur von  $0^\circ$  bis  $30^\circ \text{C.}$  mit dem stickstoffhaltigen Körper zusammenkommt.

Bedingungen der Weingährung.

Ferment.

Der stickstoffhaltige Körper, welcher die Gährung einleitet, heißt Ferment oder Gährungserreger. Er verhält sich nicht rein activ zum Zucker, sondern seine Zersetzung wird auch durch den Zucker modificirt. Es findet hier nicht die Entwicklung jener überreichenden Gase statt, welche die Fäulniß stickstoffhaltiger Körper an der Luft begleitet. Letztere kann sogar, wenn sie an der Luft schon begonnen und nur noch nicht zu weit vorgeschritten ist, durch Zuckerzusatz sogleich unterbrochen werden. Der stickstoffhaltige Körper entwickelt in der Zuckerlösung blos Kohlensäure, welche entweicht und Ammoniak, welches in der Flüssigkeit zurückbleibt.

Am besten eignen sich als Fermente Pflanzeneiweiß, welches auch den natürlich vorkommenden Zucker immer begleitet, Fibrin- und Pflanzenleim, welche neben dem Stärkemehl vorkommen, das nach vorheriger Umwandlung in Krümelsucker durch die sich bildende Diastase ebenfalls der Weingährung unterliegen kann. Weniger geeignet sind Thierleim, Käsestoff und andere stickstoffhaltige Substanzen.

Nach der Zersetzung, welche das Ferment bei der Gährung erleidet, hat es seinen Stickstoffgehalt verloren und ist nicht mehr fähig, von Neuem Gährung zu erregen. Für eine gewisse Menge Zucker ist auch eine bestimmte Menge Ferment nöthig, doch ist diese sehr klein, nach Thénard reicht hierzu  $1\frac{1}{2}$  Gewichtsprocent (im trockenen Zustande berechnet) hin.

Der Überschuß von Pflanzenleim und Pflanzeneiweiß, welchen eine gährende Flüssigkeit mehr enthält, als zur Zerstörung des Zuckers nöthig ist, erleidet zwar gleichfalls eine Veränderung durch die Einwirkung der Luft, vermöge der es unauflöslich wird, und fällt mit dem durch die Gährung zerstörten Ferment zu Boden, aber es hat seinen Stickstoffgehalt nicht verloren und kann als Ferment für eine andere Zuckerlösung verwendet werden. Man bezeichnet das Gemenge dieser beiden Körper mit dem Namen Hefe.

Wie die Wirkung der Hefe zu erklären sei.

Die Hefe besteht nach mikroskopischen Untersuchungen aus kleinen Kugeln, welche einer kryptogamischen Vegetation angehören. Man hat daher geglaubt, daß die Alkoholbildung in der Einwirkung dieses Pflanzenlebens auf den Zucker beruhe, um so mehr, als die Wirkung der Hefe durch ähnliche Bedingungen wie das Pflanzenleben vernichtet wird, wie Auskochen mit Wasser, Berührung mit starkem Alkohol, Quecksilbersalzen, Arsenik, Holzessig, ätherischen Ölen, schwefliger Säure u. dgl. Lüdersdorf hat sogar gefunden, daß durch bloße mechanische Zertrümmerung der Hefekugeln mittelst Zerreiben die Wirkung der Hefe vollkommen zerstört werde. Allein es scheint dies bloß darauf zu beruhen, daß eine gewisse Lockerheit und Porosität, welche durch Zerreiben verloren geht, bei der Wirkung der Hefe unerläßliche Bedingung ist.

Brendecke hat die Beobachtung gemacht, daß auch Körper, über deren leblose Natur kein Zweifel ist, wie weinsaures und citronensaures Ammoniak, Zuckerauflösungen in Gährung versetzen können, aber nur unter der Bedingung, daß man ihnen poröse Körper, wie Kohlenpulver, Schwefelblumen, wohl mit Lösungsmitteln erschöpftes Stroh, Papier zc. zusetzt. Ihre Wirkung scheint auf der Fähigkeit zu beruhen, Sauerstoff aus der

Luft zu absorbiren. Daß gasabsorbirende Körper diese Eigenschaft auch noch besitzen, wenn sie in Flüssigkeiten untergetaucht sind, welche Absorptionsvermögen für diese Gase besitzen, hat Jacobi am Platin nachgewiesen. Vgl. S. 151.

Für eine rein mechanische Wirkung der Hefezügelchen scheint noch mehr der Umstand zu sprechen, daß eine Hefe, welche durch Auswaschen von allen auflösliehen Theilen befreit ist, ebensowenig Gährung einleiten kann, als diese auflösliehen Theile für sich. Letztere müßten aber dies wohl im Stande sein, wenn sie dafür mit einem anderen porösen Körper, z. B. Kohlenstaub zusammengebracht würden, insofern sich Rousseau's Angabe bestätigt, wonach ein Ferment nur dann die Gährung einleitet, wenn es sauer reagirt und zwar durch eine organische Säure, welche durch Zersetzung Kohlensäure bildet. Es scheint demnach eine freie Pflanzensäure dasselbe zu leisten, wie die von Brendeke angewendeten pflanzensauren Ammoniaksalze.

Nach Liebig erregt das Ferment die Weingährung nur durch die Störung des Beharrungsvermögens, welches allein die organischen Körper nach dem Aufhören des Lebens in ihrer Verbindung erhält. Es bedarf nur eines schwachen Anstoßes von Außen und die Elemente gruppiren sich zu einfacheren Verbindungen, welche den gewöhnlichen Verwandtschaftsgesetzen besser entsprechen, als die im lebenden Organismus erzeugten Verbindungen.

Das Ferment theilt die Bewegung, in welche es bei seiner Zersetzung gerathen ist, den Elementen des Zuckers mit und diese ordnen sich zu Alkohol und Kohlensäure. Nach Schleiden ist diese Annahme einer Mittheilung der Bewegung mechanisch falsch aufgefaßt. Die Größe der Bewegung wird gemessen durch das Produkt der Masse in die Geschwindigkeit. Nun reicht schon  $1\frac{1}{2}$  Theil Hefe zur Zersetzung von 100 Theilen Zucker hin und bei einer ähnlichen Zersetzung, bei der Zuckerbildung aus Stärkmehl 1 Theil Diastase selbst auf 1000 Theile Stärke. Das Diastaseatom müßte demzufolge eine 1000 Mal so große Geschwindigkeit annehmen, als zur Zersetzung eines gleichen Gewichts Stärke nothwendig wäre. Der Einwurf Liebig's gegen die Erklärung dieses Processes durch Kontaktverwandtschaft, daß es nämlich ohne Beispiel sei, daß ein ruhender Körper einen anderen in Bewegung setze, ist gleichfalls physikalisch falsch; Gravitation, Magnetismus, elektrische Anziehung sind lauter Beispiele der Bewegung eines Körpers durch einen ruhenden<sup>1)</sup>.

Wenn die Drydation des Ferments durch den Sauerstoff der Luft einmal begonnen hat, dann fährt sie unter sonst günstigen Umständen fort, wenn auch der Luftzutritt abgesperrt wird, das Ferment erhält seinen Sauerstoff aus dem Wasser und darin aufgelösten Substanzen, oder mit anderen Worten: das Ferment ist ein in Fäulniß begriffener Körper, welcher seine Fähigkeit, die Gährung zu erregen, durch eine theilweise Verwesung

<sup>1)</sup> Aufsteil und  
Kölnaroma.

1) Schleiden's Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. 2. Aufl. 1845. I. S. 282.

erlangt hat. Es können durch Fäulnis die stärksten Verbindungen zersetzt werden. Man weiß, daß selbst schwefelsaure Salze in Wasser desoxydirt werden, welches faulende organische Substanzen enthält, es entstehen Schwefelverbindungen und aus diesen dann durch Wasserzersetzung Schwefelwasserstoffgas. Um so leichter vermag das Ferment dem Zucker Sauerstoff zu entziehen. Es entstehen dadurch sauerstoffarme oder wasserstoffreiche Verbindungen, flüchtige Öle von auffallendem Geruche, auf deren Manichfaltigkeit die Verschiedenheit der einzelnen Branntweinsorten beruht. Man hat sie Fuselöle genannt. Sie verhalten sich wie Säuren, das im Wein enthaltene Fuselöl heißt daher Dnanthsäure (Weinblumensäure). Sie können unter Mitwirkung stärkerer Säuren, z. B. der Weinsäure des Weins mit Alkohol Äther bilden (s. Äther). Ein solcher ist der Dnanthsäureäther, der allen jenen Weinen, welche freie Säure enthalten, ihr eigenthümliches Aroma ertheilt, während er den säurefreien Südwijnen fehlt. Ätherische Öle, welche, wie oben angegeben, die Gährung verhindern, hemmen noch leichter die Bildung der Fuselöle. Die geringe Quantität des im Hopfen enthaltenen ätherischen Öls hindert zwar nicht die Gährung der Bierwürze, aber das Bier enthält kein Fuselöl.

Wenn bei der Gährung zu wenig Ferment vorhanden war, so bleibt ein entsprechender Theil des Zuckers unverändert, wie dies bei den süßen Weinen des Südens der Fall ist. Ist dagegen nach völliger Zersetzung des Zuckers noch Ferment übrig, das sich verändern kann, so geht der gebildete Alkohol leicht in Essigsäure über.

Nach vollendeter Gährung trennt man die ausgehellte Flüssigkeit vom Bodensatz (Hefe) und verbraucht entweder die so gewonnene alkoholhaltige Flüssigkeit mit allen darin enthaltenen Nebenbestandtheilen für sich, wie beim Wein und Bier, oder man trennt letztere sowohl, als auch möglichst das Wasser, als einen weniger flüchtigen Körper vom Alkohol durch Destillation und erhält so, je mehr Wasser abgeschieden wird, Branntwein, Weingeist oder Alkohol.

Schleimgäh-  
rung.

Bei einer Temperatur von 30—40° C. verwandelt sich der Zucker, namentlich unter Mitwirkung größerer Mengen stickstoffhaltiger Körper (Proteinsubstanzen), wie dies im Saft der Runkelrüben, gelben Rüben, Zwiebeln, in Abkochungen von Hülsenfrüchten, verschiedenen Wurzeln, Kräutergemüsen u. dgl. der Fall ist, statt in Alkohol, wovon sich kaum Spuren finden, zum Theil in einen dicken Schleim von der Zusammensetzung des Gummi, weshalb man diese Zersetzung Schleimgährung genannt hat, zum Theil in Mannit und Milchsäure. Der Prozeß ist noch nicht genügend erklärt.

Buttersäure-  
gährung.

Hat die stickstoffhaltige Substanz z. B. Casein, Kieber, Muskelfaser schon eine theilweise Zersetzung erlitten, so verwandelt sie bei einer Temperatur von 10—40° C., namentlich bei Gegenwart einer unlöslichen Base, wie kohlensaurer Kalk (welcher eine Unterbrechung der Gährung durch Ansäuerung von Säure hindert, ohne selbst die Gährung zu hemmen), den Zucker

oder das Stärkmehl unter vorausgehender Zuckerbildung, mit Abscheidung von Wasser und Entwicklung von Kohlensäure und zugleich von Wasserstoff, in Buttersäure:

		C	H	O
1 Atom Buttersäure	=	8	12	3
1 Atom Wasser	=		2	1
4 Atome Kohlensäure	=	4		8
10 Atome Wasserstoff	=		10	=
1 Atom Krümehucker	=	12	24	12

Der Mannit ist bereits (S. 317) bei den Zuckerarten berücksichtigt worden, es bliebe hier nur die kurze Betrachtung der Milch- und Buttersäure übrig.

Die **Milchsäure**  $\bar{L}$  (Acidum lacticum)  $C_6H_{10}O_5$ , welche schon fer- Milchsäure.  
tig gebildet in vielen Flüssigkeiten des thierischen Körpers, besonders im Urin vorkommt und beim Sauerwerden der Milch, wo man sie zuerst beobachtete (daher der Name), bei der Fäulniß vieler Thierstoffe und beim Sauerwerden verschiedener Pflanzensäfte, wie eben angegeben wurde, entsteht und durch Fällung von milchsaurem Baryt mit Schwefelsäure für sich erhalten wird, bildet als Hydrat eine syrupähnliche, farblose, mit Alkohol und Äther mischbare Flüssigkeit von stark saurem Geschmack. Sie löst phosphorsaure Kalkerde leicht auf und bringt Eiweiß zum Gerinnen, was beides die Essigsäure nicht thut, und bildet in Wasser lösliche, meist kristallisirbare Salze (Lactate).

Die **Buttersäure**  $\bar{B}$ u (Acidum butyricum)  $C_4H_8O_2$ , welche man Buttersäure.  
auf die oben angegebene Weise aus Zucker und Stärkmehl durch Gährung mittelst faulender stickstoffhaltiger Körper erhält, mußte man früher blos durch Verseifung der Butter neben anderen Fettsäuren zu erhalten, woher auch ihr Name. Sie wurde später auch in einer Pflanzensubstanz, in den trockenen reifen Schoten der Ceratonia Siliqua (Johannisbrod) gefunden, ist aber wahrscheinlich auch hier nur ein Zersetzungsprodukt. Man erhält sie durch Destillation des buttersauren Kalks mit Schwefelsäure. Sie ist eine wasserklare, öartige Flüssigkeit von heißend saurem Geschmack und einem Geruch nach ranziger Butter; auf der Zunge verursacht sie einen weißen Fleck, sie wird bei  $-9^\circ$  C. noch nicht fest, hinterläßt auf Papier einen wieder verschwindenden Fettfleck, verdunstet leicht, kocht aber erst über  $100^\circ$  C. und löst sich vollkommen in Wasser, Alkohol und Äther in allen Verhältnissen. Ihre Salze, die **Butyrate** sind fast alle in Wasser löslich, die alkalischen schwer kristallisirbar, die erdigen aber leicht. Der Äther dieser Säure wird zur Darstellung von künstlichem Rum benutzt.

Die **Verwesung** beschließt den Übergang der organischen Körper in Verwesung.  
den anorganischen Zustand. Sie wird durch Luft und Feuchtigkeit eingeleitet, durch Gegenwart von Alkalien und faulenden Körpern gefördert und durch fäulnißwidrige Mittel, besonders Säuren, Quecksilbersalze und flüchtige Öle gehemmt. Am wichtigsten ist die Verwesung des Alkohols, oder



die Essigsäurebildung und die Verwesung der Holzfaser, oder die Humusbildung.

Essigsäure-  
bildung.

Wenn der Alkohol mit einer hinreichenden Wassermenge und zugleich mit atmosphärischer Luft und einem Körper, welcher Sauerstoff aus der Luft absorbiert und wieder an den Alkohol abzugeben vermag, bei einer Temperatur von  $+ 30$  bis  $40^{\circ}$  C. in Berührung kommt, so verwandelt er sich unter Sauerstoffaufnahme in Essigsäure. Als Essigbildungsfermente dienen verschiedene in Zersetzung begriffene oder essigsäurehaltige Körper, wie Essigmutter (ein gelatinöser, in verdünnter Essigsäure entstehender Schimmelpilz (*Mycoderma aceti*), Sauerteig, saures Schwarzbrot u. dgl., auch fertige Essigsäure, insofern diese durch fortgesetzte Einwirkung der atmosphärischen Luft einer weiteren Zersetzung entgegengeht, oder Körper, welche blos durch ihre Porosität wirken, wie fein zertheiltes metallisches Platin (Platin schwarz). Auch Holzspäne, so wie die genannten essigsäurehaltigen Körper leiten, wenigstens zum Theil, durch ihre Porosität und die dadurch vermittelte Sauerstoffabsorption, die Essigbildung ein.

Der Sauerstoff verbindet sich mit einem Antheile Wasserstoff des Alkohols zu Wasser, es entsteht Aldehyd, welches rasch noch mehr Sauerstoff aufnimmt und in Essigsäure übergeht.

Gibt 1 Atom Alkohol . . . . .	=	C <sub>4</sub>	H <sub>10</sub>	O
4 At. Wasserstoff an 2 At. Sauerstoff der Luft	=	—	H <sub>4</sub> + O <sub>2</sub>	
so bleibt 1 At. Aldehyd und 2 At. Wasser . .	=	C <sub>4</sub>	H <sub>6</sub>	O 2 H
dazu kommen 2 At. Sauerstoff . . . . .	=	+	O <sub>2</sub>	
es entsteht 1 At. Essigsäure . . . . .	=	C <sub>4</sub>	H <sub>6</sub>	O <sub>2</sub> 2 H

Essig. Der Essig unterscheidet sich von der Essigsäure, daß er aus verdünnter Essigsäure besteht, welche die nicht zerlegten Bestandtheile des Fruchtfestes, verschiedene Pflanzensäuren und deren Salze, Extraktivstoff u. enthält. Branntweinessig ist demnach nichts als verdünnte Essigsäure.

Man bereitet den Essig aus Wein, Branntwein, Bier und Obst, wonach man ächten und künstlichen Weinessig oder Branntweinessig, Bier- und Obstessig unterscheidet. Man kann dabei auf zweierlei Weise verfahren.

Älteres Ver-  
fahren bei der  
Essigberei-  
tung.

Nach dem älteren Verfahren werden die Essigmaterialien mit heißem Essig vermischt, so daß sie eine Temperatur von etwa  $+ 30^{\circ}$  C. annehmen, und in kleinere Fässer mit offenem Spund und seitlichem Zugloche, oder auch in weite Steintöpfe in einer bis zu  $+ 25$  bis  $30^{\circ}$  C. geheizten Essigkufe. Hat der Essig nach 6 bis 12 oder mehr Wochen die gehörige Stärke erlangt, so zapft man einen Theil davon ab, ersetzt ihn durch neues Material und so fort und läßt den fertigen Essig dann auf größeren Lagerfässern sich aushellen.

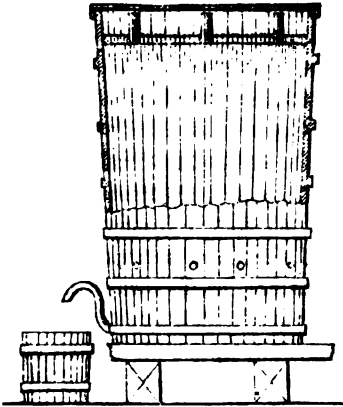
Obst oder Beeren werden zuvor zerquetscht, ausgepresst, mit Bierhefe der Weingährung überlassen und dann der Wein auf Essig verarbeitet. Andere Fermente als reinen Essig anzuwenden, wie Essigmutter, Sauer-

reig u. ist nicht rathsam, weil diese sehr leicht eine weitere Zersetzung des gebildeten Essigs herbeiführen.

Das neuere Verfahren hat den Namen der **Schnelleffigfabrikation** erhalten wegen der kurzen Dauer dieser Operation im Vergleich zur vorigen. Man füllt hierzu sehr große aufrecht stehende Fässer (Fig. 104),

Schnelleffig-  
fabrikation.

Fig. 104.



welche in einiger Entfernung vom unteren Boden einen zweiten durchlöcher-ten Boden haben, mit gut ausgewa-schenen Spänen von grünem Buchen-holz. Oben ist ein zweiter durchlöcherter Boden dicht in das Faß eingelegt, die Löcher desselben sind aber durch mit einem Knoten versehene Bindfadenstü-cken verstopft. Mehrere unter dem unteren durchlöcher-ten Boden in die Faßwände gebohrte weite Löcher führen die Luft zwischen den Spänen durch nach dem oberen Löcherboden, in wel-chen mehrere weite Glasröhren einge-setzt sind, um den Luftzug zu befördern.

Eine S-förmig gebogene Röhre ist dicht am Boden des Fasses angebracht, um die zwischen demselben und dem unteren Löcherboden angesammelte Flüs-sigkeit nicht eher abzuleiten, als bis sich dieser Raum ganz gefüllt hat.

Man läßt zuerst fertigen Essig durch das Faß laufen und dann erst das Essiggut (den in Essig zu verwandelnden Obstwein, oder mit etwa 6 Theilen Wasser verdünnten Branntwein). Die alkoholhaltige Flüssigkeit läuft nun langsam über die Hobelspäne hinab und kommt dabei durch den stattfindenden Luftzug in sehr vielseitige Berührung mit dem Sauerstoff der Luft, so daß sie gewöhnlich durch dreimaliges Durchlaufen in Essig verwandelt ist, weshalb man in der Regel auch 3 solche Fässer aufstellt<sup>1)</sup>.

Auf dieselbe Weise verfährt man bei der Darstellung des Essigs aus Obstwein und anderen Fruchtästen (Obst- oder Fruchtessig), läßt aber die-selben zuvor etwas ablagern und bringt sie nach dem Aushellen auf die Essigfässer.

Obst- oder  
Fruchtessig.

Für die Bildung der Humus- oder Dammerde insbesondere ist von der größten Wichtigkeit die Verwesung der Holzfaser.

So lange sich die Holzfaser in trockener Luft oder unter Wasser un-verändert erhält, so leicht unterliegt sie der Zersetzung bei gleichzeitiger Ein-wirkung von Wasser und Luft. Sauerstoff wird aufgenommen, ein Theil

1) Eine genauere Beschreibung dieser Methode gibt Dito's Lehrbuch der ra-tionellen Praxis der landwirtschaftlichen Gewerbe. 2. Aufl. Braunschweig, Wie-weg. 1840. S. 284—306 u. Hößlmayr's Anleitung zu einem verbesserten Ver-fahren bei der Schnelleffigbereitung. Würzburg, Stahel. 1842. 7 1/2 Ngr. oder 24 Kr. rhn. Eine Abänderung desselben von Göbel mit Abbildung f. im Archiv d. Pharm. 26. S. 61—65; pharm. Centralbl. 1841. S. 749—750.

Wasserstoff in Wasser verwandelt und Kohlenstoff und Sauerstoff der Holzfaser als Kohlensäure abgeschieden. Auch hier sind es stickstoffhaltige Körper, welche den Zersetzungsprozeß einleiten und befördern, nämlich Pflanzeneiweiß und Pflanzenleim. Je reicher ein Pflanzentheil daran ist, um so leichter zerfällt er sich. Die Blätter verwesen daher weit schneller als das Holz. Die Holzfaser geht bei dieser Zersetzung allmählig in eine braune oder schwarze Substanz, den sogenannten Humus (Huminsäure und Humin) über.

Holzfaser . . . . . =  $C_{26}H_{41}O_{21}$

verschiedene Arten von Humus =  $C_{20}H_{40}O_{20}$

$C_{24}H_{36}O_{18}$

$C_{20}H_{18}O_9 = \frac{1}{2} \text{ At. Huminsäure.}$

Es verbinden sich also bei der Humusbildung immer 4 Atome Wasserstoff mit 2 Atomen Sauerstoff aus der Luft, während 1 Atom Kohlenstoff und 2 Atome Sauerstoff der Holzfaser als Kohlensäure entweichen. Im letztern Falle haben sich auch noch die Elemente des Wassers aus dem Faserstoff abgeschieden.

Der organische Gemengtheil des Bodens, die sogenannte Acker- oder Dammerde besteht aus Holzfaser in allen Stadien der Zersetzung, Humin und Huminsäure und außerdem noch Ulmin und Ulminsäure, Quellsäure und Quellsäure (s. S. 369). Ddweilen enthält er auch nicht unbedeutende Mengen von Wachs und Harz.

An sumpfigen Stellen entsteht der sogenannte saure Humus, welcher keine huminsauren Salze, sondern viel Huminsäure mit Humin, Phosphor-, Essig- und Äpfelsäure nebst Kirselsäure enthält.

Dem sauren Humus ähnlich sind auch der Schlamm und Torf zusammengesetzt, welche aus Thier- und Pflanzentkörpern unter dem Wasser entstehen.

**Schlamm.** Der Schlamm besteht theils aus losen und schwimmenden Pflanzentheilen, theils aus Thierkörpern, weshalb seine Asche Infusorienpanzer enthält. Von dem darüberstehenden Wasser sind quell-, quellsäure- und huminsaure Salze wie aus dem Torf ausgezogen. Auf die Haut gebracht erzeugt er einen schwachen Hautausschlag, dessen Ursache unbekannt ist. Er wird daher zu Schlammabädern benutzt. Der Schlamm der Flüsse, welcher sich bei Überschwemmungen ablagert, besteht übrigens bei Weitem dem geringsten Theile nach aus organischen, sondern meist aus feinen Thon- und anderen mineralischen Theilen, welche das Wasser bei seinem Lauf in niedere Gegenden eine Strecke mit sich fortreißt und allmählig ablagert. Vgl. im speciellen Theil unter Lehmsumpfboden.

**Torf.** Der Torf entsteht aus langsam unter Wasser faulenden Pflanzen und besteht entweder aus einer gleichförmigen erdigen Masse (Baggertorf), oder aus einer von vielen Fasern und Wurzeln durchwebten (Stichtorf). Der Stichtorf wird mittelst Spaten in viereckige Stücke gestochen, die an der Luft getrocknet werden. Den Baggertorf zieht man mit Regen aus dem Wasser, läßt ihn auf einer Fläche ausgebreitet etwas abtrocknen, tritt

ihn sodann fest und sticht ihn mit Spaten in viereckige Stücke, die wie der Stichtorf getrocknet werden, oder man streicht ihn, wie den Thon in der Ziegelei, in Formen, entwässert die erhaltenen Stücke durch Pressen und trocknet sie dann. Auch der Stichtorf wird bisweilen gepreßt, weil der gepreßte Torf eine dichtere Kohle erzeugt.

Der Torf verglimmt beim Anzünden wie Lunder unter Entwicklung eines unangenehmen ammoniakalischen Geruchs, reagirt gewöhnlich sauer und enthält eine eigenthümliche Modification von Huminsäure in Verbindung mit Phosphor- und Essigsäure. Außer dieser Torfsubstanz enthält der Torf noch 3 in Alkohol lösliche Harze, wovon ein wachsartiges beim Erkalten der alkoholischen Lösung sich aussondert, eines mit Bleiorpd verbindbar ist und ein in Alkohol unlösliches, in Steinöl lösliches Harz, ferner oft bis 30% anorganische Bestandtheile: Kieselsäure, Thon, phosphorsaure und kohlensaure Kalkerde, Eisenorpd und schwefelsaures Eisenorpdul.

Der Zersetzung stickstofffreier organischer Körper in Gegenwart von Wasser und beschränktem Luftzutritt, oder der Vermoderung unterliegt am gewöhnlichsten die Holzfaser. Sie wird dabei allmählig weiß und zerreiblich, wie man dies häufig im Innern alter Baumstämme sieht. Das vermoderte Eichenholz hat man aus  $C_{22}H_{44}O_{24}$  bestehend gefunden. Vergleicht man die Formel mit der des frischen Eichenholzes  $C_{32}H_{44}O_{22}$ , so enthält ersteres 3 Atome Kohlenstoff weniger, und 10 Wasserstoff und 2 Sauerstoff mehr, als das frische Holz. Bei der Vermoderung sind also die Elemente von 5 At. Wasser und 3 At. Sauerstoff aus der Luft aufgenommen worden, wogegen 3 At. Kohlensäure entweichen.

Vermoderung.

Die Braun- und Steinkohlen sind Reste vorweltlicher Bäume, die einem ähnlichen, zum Theil noch fortdauernden Vermoderungsprozeß, aber bei vollständig abgeschlossener Luft durch die Bedeckung mit hohen Gebirgsmassen unterlagen.

Entstehung der Braun- und Steinkohlen.

Die Braunkohlen, welche von stickstofffreien Gewächsen abstammen, besitzen eine hell oder dunkler braune Farbe, entweder vollständige Holzstructur, oder eine erdige Beschaffenheit, in ersterem Falle von muscheligen, schwach glänzendem, in letzterem von unebenem und mattem Bruch; in jenem Falle liefern sie wenig, in diesem aber eine bedeutende Menge einer aus Thon, Kieselsäure, Eisenorpd, Gyps u. bestehenden Asche. Die Zusammensetzung der holzigen Braunkohle wurde von  $C_{22}H_{44}O_{16}$ , die der erdigen von  $C_{22}H_{40}O_8$  gefunden. Zieht man diese Formeln von der des Holzes  $C_{32}H_{44}O_{22}$  ab, so findet man, daß das Holz bei dem Übergange in holzige Braunkohle 3 Atome Kohlensäure und 2 At. Wasserstoff, in erdige dagegen 4 At. Kohlensäure, 5 At. Wasser und 4 At. Wasserstoff abgegeben hat. Die Fortdauer dieses Prozeßes ergibt sich bei vielen Braunkohlenlagern aus der Bildung von Säuerlingen (kohlen-säurereichen Quellen) in der Nähe derselben<sup>1)</sup>, aus dem Vorkommen stinkender Wetter (Kohlen-

Braunkohlen.

1) Über die Ableitung dieser Kohlensäurebildung aus vulkanischen Prozeßen vgl. Bischof in Erdmann's Journ. f. prakt. Chemie. 31. Bd. 1844. S. 321–343.

(säure) in den Gruben und aus dem Umfande, daß mehr mit der Luft in Berührung getretene Lager weniger Wasserstoff enthalten. Alle Braunkohlen enthalten indeß mehr Wasserstoff, als zur Verwandlung des darin enthaltenen Sauerstoffs in Wasser erforderlich wäre, gewöhnlich in dem Gewichtsverhältnisse wie 1 : 5, selten nur wie 1 : 3. Die trockene Destillation liefert aus den Braunkohlen eine der des Holzes ähnliche Kohle, Leuchtgas liefern sie aber weit mehr als das Holz, doch weniger als die Steinkohle. Die erdigen Varietäten der Braunkohle dienen als braunes Farbmateriale, sogenannte *kölnische Umbra*.

Mit den aus Nadelhölzern entstandenen Braunkohlen kommt zuweilen Bernstein vor, nebst anderen fossilen Harzen, wie Retinit, auch Bergtalg u.

Steinkohlen.

Die **Steinkohlen**, welche vorzüglich von baumartigen Farnkräutern abstammen, unterscheiden sich nicht bloß durch ihre schwarze Farbe, größere Dichtigkeit und lebhafteren Glanz, sondern auch durch den Mangel der Holzstructur und ihre chemische Zusammensetzung von den Braunkohlen. Sie sind weit älteren Ursprungs.

Absoluter Alkohol und Aether ziehen aus der Steinkohle 3 bis 5 % schwarzbraunes Harz unter Zurücklassung einer unlöslichen, unschmelzbaren, stickstoffhaltigen, schwarzen Substanz. Beim Erhitzen schmelzen die harzreicheren Steinkohlen unvollkommen, blähen sich auf und lassen eine schwammige Masse (*Coaks*) zurück. Sie bilden ein werthvolles Brennmaterial. Nach Abzug des alle kryptogamischen Gewächse charakterisirenden Stickstoffs läßt sich die Zusammensetzung der organischen Substanz der Steinkohlen ausdrücken durch die Formel  $C_{21}H_{16}O$ . Zieht man dieselbe von der der Holzfaser:  $C_{26}H_{14}O_{22}$  ab, so bleiben 9 Atome Kohlensäure, 3 At. Grubengas ( $CH_4$ ) und 3 At. Wasser übrig. Die die Steinkohlen begleitenden Gase enthalten auch wirklich Kohlensäure, Grubengas, etwas Leuchtgas ( $CH$ ) und Stickgas, was auf die Fortdauer dieses Zersetzungsprocesses hindeutet. Da jedoch unter der hohen Bedeckung, unter welcher die Steinkohlen entstehen, die Entwicklung und dadurch auch die Entstehung gasartiger Produkte bedeutenden Widerstand findet, so erzeugen sich hier vorzugsweise tropfbar flüssige und feste Verbindungen von Kohlen- und Wasserstoff, oder von diesen mit wenig Sauerstoff, wie Steinöl und Harz.

### Alkohol.

Alkohol.

Der Alkohol  $C_2H_5O$  kommt nie natürlich vor, sondern ist stets das Produkt der Weingährung aus zuckerhaltigen Flüssigkeiten.

Darstellung.

Durch vorsichtige Destillation des wässerigen Weingeists, Branntwein, bei sehr guter Abkühlung kann man das Wasser höchstens bis auf einen Alkoholgehalt von etwa 92½ % mit dem specifischen Gewichte von 0,825 erhalten, aber keinen völlig wasserfreien. Durch Aufbewahrung desselben in einer Oefsenblase an einem mäßig warmen Orte, wo die thierische Membran fast nur das Wasser anzieht, das dann an ihrer Oberfläche verdunstet und den Alkohol zurückläßt, wird er auch nur (mit nicht bedeutendem Verlust an Alkohol) bis auf 97 % entwässert. Die völlige

Entziehung des Wassers, oder die Verwandlung desselben in absoluten Alkohol gelingt nur durch Körper, welche das Wasser chemisch binden, am wohlfeilsten geschieht dies durch gebrannten Kalk, aber nicht ohne theilweise Zersetzung des Alkohols; besser, aber kostspieliger durch geschmolzenes Chlorcalcium. Die letzten Antheile Wasser entzieht man ihm dann noch (nach Casoria), wenn man ihn mit etwa  $\frac{1}{1000}$  wasserfreiem Kupfervitriol schüttelt und dies so oft wiederholt, als die weiße Farbe des Vitriols nach einiger Zeit blau wird, d. h. derselbe wieder sein Krystallwasser aus dem Alkohol aufnimmt. Dann erst ist der Alkohol als chemisch rein (völlig wasserfrei) zu betrachten.

Der Alkohol ist eine sehr dünnflüssige, farblose Flüssigkeit von angenehmem Geruche, brennendem Geschmack und 0,794 specifischem Gewicht bei  $+15^{\circ}\text{C.}$ , er erstarrt bei keiner Temperatur und kocht bei  $+78^{\circ}\text{C.}$  Entzündet verbrennt er mit schwach leuchtender Flamme zu Kohlensäure und Wasser. Innerlich genommen wirkt er tödtlich, im verdünnten Zustande berauschend. Er zieht Wasser aus der Luft an, ohne sich zu verändern, und erwärmt sich beim Vermischen mit Wasser. Wenn der Alkohol so viel Wasser enthält, daß er einen Gehalt an wasserfreiem Alkohol von 54 Volumprocenten enthält, so heißt er **Brauntwein** und hat ein specifisches Gewicht von 0,925; bei 64 bis 70% und 0,904 bis 0,889 specifischem Gewicht heißt er **rectificirter Weingeist**, bei 90% Alkohol und 0,833 höchst rectificirter Weingeist, oder auch **Alkohol** und der wasserfreie heißt **absoluter Alkohol**. Über die Unterscheidung des Weingeists von Holzgeist vgl. den Artikel Holzgeist.

In der Chemie dient der Alkohol als eine indifferente Flüssigkeit als allgemeines Auflösungsmittel, theils für Substanzen, welche nur in ihm auflöslich sind, wie die Harze, theils für solche, die auch im Wasser auflöslich sind, um sie von anderen, die bloß in Wasser löslich sind, zu trennen, wie viele Chloride. Sein Gebrauch in der Technik, namentlich im verdünnten Zustande als Auflösungsmittel für Harze, in der Parfüm- und Likörfabrikation, in der Medicin und zum Getränke ist bekannt.

Auch zur Beleuchtung kann er angewendet werden, wenn man ihm einen kohlenstoffreicheren Körper, z. B. Terpentinöl, oder nebst diesem auch Ölsäure zusetzt, nach Rousseau am besten in dem Verhältnisse von 10 Theilen Terpentinöl und 3 Theilen Ölsäure auf 5 Theile Alkohol von 85 oder  $87^{\circ}$  Volumprocenten. Bei niedriger Temperatur muß das Gemenge etwas erwärmt werden. Statt Terpentinöl können auch andere Kohlenwasserstoffe, wie Steinkohlen- oder Kautschuköl, verwendet werden. Durch den Sauerstoff der Ölsäure und den Wasserstoff des Alkohols wird das Terpentinöl so vollständig entkohlt, daß es ohne alles Rußen mit weißem Lichte verbrennt.

#### Zerzeugungsprodukte der Holzfaser.

Ein Hauptprodukt der Fäulniß und Verwesung der Holzfaser bildet **Humus**, der **Humus**, die **Baumerde** oder **Dammerde**<sup>1)</sup>, ein Gemenge aus

1) Letzteren Namen erhielt sie, weil sie sich allmählig durch die Zersetzung organischer Körper anhäuft oder anhämmt.

mehreren verschiedenen Stoffen, den sogenannten Modersubstanzen, wie Humin, Ulmin, Geïn u., welcher einen wesentlichen Gemengtheil der Bodentrume ausmacht. Er stellt eine braune, wenig in Wasser, mehr in Alkalien lösliche, pulverige Masse dar. Man bezeichnet übrigens mit dem Namen Humus außer diesem Produkte der Fäulniß auch andere durch Einwirkung der Säuren auf Zucker, Stärke oder Milchsucker und der Alkalien auf Holzfaser, Torf, Braunkohlen, Ofenruß entstehende Substanzen, deren Identität aber durchaus nicht erwiesen ist.

**Humus- oder Modersäure** heißt die in Alkalien lösliche, Humin oder Humus-  
 Humus- oder Modersäure (ein Hauptbestandtheil des Torfs und der Braunkohle),  
 die unlösliche Modification des Humus. Derselbe Unterschied besteht zwischen Ulmin und Ulminsäure, Geïn und Geïnsäure.

Die Verschiedenheit der unter dem Namen Humus oder Humus-  
 vorkommenden Substanzen ergibt sich aus ihrer verschiedenen Zusammen-  
 setzung. Die aus Sägespänen mit Kalihydrat erhaltene Humus-  
 Humus- oder Modersäure enthält nach Peligot 72 Proc. Kohlenstoff, die aus Torf und Braunkohle  
 nach Sprengel 58, die aus Zucker mit verdünnter Schwefelsäure nach Ma-  
 laguti 57, die aus demselben Körper und aus Stärke mit Salzsäure ge-  
 wonnene nach Stein 64 Proc. Kohlenstoff. Nach Malaguti enthält die  
 Humus- oder Modersäure Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältnisse, wie im Was-  
 ser, nach Sprengel's Analyse enthält sie weniger Wasserstoff, nach Peligot  
 sogar 28 Atome Wasserstoff auf 6 Sauerstoff. In der Dammerde aus  
 Weidenholz und Torf fanden Mulder und Hermann eine Humus- oder Modersäure,  
 welche außer Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff auch Stickstoff enthält.

Vorkommen  
 der  
 Humus- oder Modersäure.

**Humus- oder Modersäure** oder Huminsäure  $\bar{H}$  (Acidum humicum)  $C_{40}H_{21}O_{12}$   
 bildet einen Bestandtheil der Dammerde, des Torfs, des Rußes von Torf und  
 Holz, findet sich in alten Baumstämmen, in im lehmigen Boden vermoderten  
 Baumwurzeln und entsteht durch Einwirkung von Luft auf Ulminsäure und  
 Ulmin und durch längeres Kochen von Rohrzucker mit verdünnten Säuren.

Darstellung.

Man erhält sie aus der Weidenerde, wenn man dieselbe mit einer  
 Auflösung von kohlensaurem Kali behandelt, filtrirt, mit Salzsäure fällt,  
 erst mit warmem und dann mit kaltem Wasser ausfüßt. Sie enthält so  
 immer noch etwas Kieselsäure und 1 Spur Eisenoryd, welche beim Auf-  
 lösen in Ammoniak zurückbleiben. Aus Rohrzucker erhält man sie, wenn  
 man denselben in 3 Theilen Wasser löst und mit 0,1 concentrirter Schwefel-  
 säure kocht, das verdunstende Wasser ersetzt, den Schaum abnimmt und  
 mit Ammoniak behandelt, welches die lösliche Humus- oder Modersäure auflöst und die  
 unlösliche Säure zurückläßt. Bei Luftzutritt entsteht gleichzeitig Amei-  
 sensäure.

Eigenschaften.

Die aus der Weidenerde erhaltene enthält 92,3 bis 95% Wasser,  
 schrumpft daher beim Eintrocknen sehr zusammen; getrocknet erscheint sie  
 schwarz, von muscheligem Bruche, glasglänzend, auch als dunkelbraunes  
 Pulver, oder in krystallinischen Schüppchen. Sie ist geruch- und geschmack-  
 los, röthet in feuchtem Zustande Lackmuspapier, brennt beim Anzünden

Anfange mit Flamme und glimmt dann wie Zunder. Sie löst sich nach dem Trocknen in Wasser nicht auf, aber im feuchten Zustande in 6500 Theilen Wasser von 0°, in 2500 von 20° und in 160 siedendem mit gelblichbrauner Farbe, ebenso auch in Weingeist, nicht aber in Äther. Durch längeres Kochen mit Wasser verliert sie die Löslichkeit in demselben. Getrocknete Humusssäure zieht sehr unbedeutend Wasser an. Durchs Gefrieren ausgeschieden, löst sie sich in Wasser nur sehr schwierig wieder auf.

Pflanzensäuren, Kohlensäure, Hydronthian- und Phosphorsäure fällen die in Wasser gelöste Humusssäure nicht, wohl aber die übrigen Mineral-säuren, in Verbindung mit etwas von der fällenden Säure.

Sie neutralisirt Alkalien, treibt Kohlensäure, namentlich in der Hitze aus und bildet mit Basen theils neutrale, theils basische, theils lösliche, theils nicht oder schwer lösliche Salze (Humate). Kalk, Baryt, Thonerdesalze und Salze von anderen metallischen Basen schlagen die aufgelöste Thonerde nieder.

Das humus-saure Kali entsteht im Boden, wenn er kohlensaures oder kiesel-saures Kali enthält, löst sich in  $\frac{1}{2}$  Th. Wasser, enthält 79% Humus-säure, widersteht lange der Zersetzung, wird aber von Erd- und Metallsalzen zerlegt, daher man es selten in Ackererden findet. Übrigens fördert es die Vegetation bedeutend. Humus-saure Salze.

Das humus-saure Natron löst sich in  $\frac{1}{4}$  Wasser auf und enthält 84% Humus-säure. Sonst verhält es sich wie das Kalisalz.

Das humus-saure Ammoniak erzeugt sich vorzüglich aus dem bei der Zersetzung organischer Substanzen entwickelten Wasserstoff, welcher sich mit dem Stickstoff der atmosphärischen Luft verbindet, und gehört zu den vorzüglichsten Düngstoffen.

Die humus-saure Kalkerde kommt am häufigsten unter allen humus-sauren Salzen im Boden vor, weil der Kalk viele andere Salze zersetzt. Er entsteht am schnellsten beim Düngen mit ägendem Kalk. Das neutrale Salz löst sich in 2000 Wasser bei 20°, wird aber von Thonerde, Eisen- und Manganoxydul langsam zersetzt; es enthält 86,9% Humus-säure und wird an der Luft allmählig in kohlensauren Kalk zersetzt.

Die humus-saure Magnesia entsteht, da Magnesia größere Verwandtschaft zu Humus besitzt, früher als das Kalkhumat, löst sich feucht in 160 Wasser von 20°, in 120 kochendem, sehr leicht in freiem und kohlensaurem Ammoniak.

Die humus-saure Thonerde findet sich bisweilen im Raseneisenstein und in der Bergseife. In der Ackererde entsteht sie fortwährend aus Humus-säure und Thonerdehydrat; sie enthält 91,8% Humus-säure, zersetzt sich bei Weitem langsamer als Kalk- und Magnesiumsalz, löst sich in 4200 Wasser auf, leicht aber in freiem und kohlensauren Kali und Ammoniak.

Das humus-saure Eisenoxydul bildet sich im Boden, bleibt aber nur in den unteren Schichten unverändert, an der Luft verwandelt es sich in basisch humus-saures Eisenoxyd, ist schwierig in Wasser, leichter in kohl-



saurem Ammoniak löslich, und findet sich im Wasser, welches von sumpfigem Boden abfließt.

Das humusfaure Eisenoryd ist ein sehr schwierig, weder durch Säuren, noch durch Alkalien zerlegbares Salz. Das neutrale enthält 88,2% Humusäure, löst sich in 2300 Wasser bei 20°, das basische ist in kohlensaurem Ammoniak, nicht in Wasser löslich; es widersteht der Zersetzung am kräftigsten unter allen humusfauren Salzen.

Das humusfaure Manganorydul ist von gleicher Beständigkeit wie das vorige, löst sich in 1450 Wasser von 20°, leicht in freiem und kohlensaurem Ammoniak, enthält 81,8% Humusäure im neutralen Zustand. Es wird weder durch Kali, Natron, noch Kalk zersetzt oder gelöst. Man findet es in den fruchtbarsten Bodenarten.

Die Humusäure löst auch schwefelsaure und phosphorsaure Thonerde auf.

Ulmensäure.  
Vorkommen.

Die Ulminsäure (Ulin)  $\text{Ul}$  (Acidum ulmicum)  $\text{C}_{10}\text{H}_{22}\text{O}_{12}$  bildet einen Bestandtheil der Acker- oder Dammerde, des Torfs, der Braunkohle, des vermoderten Holzes, einer krankhaften Aussonderung alter Bäume (Ulmen, daher der Name).

Sie entsteht bei der freiwilligen Zersetzung mancher organischen Substanzen unter abgeschlossenem oder beschränktem Luftzutritte, ferner bei der Behandlung organischer Körper, namentlich des Zuckers und der Holzfaser mit warmer verdünnter Schwefelsäure, oft auch durch Hige.

Darstellung.

Um sie darzustellen, erwärmt man längere Zeit eine Auflösung von Rohrzucker in verdünnter Schwefel- oder Salzsäure bei einer 100° C. nicht erreichenden Temperatur. Es scheidet sich dabei auch ohne Luftzutritt die Ulminsäure und Ulin in braunen Flocken aus. Man filtrirt die Flocken ab, wäscht sie aus und trocknet bei + 165° C., um die hartnäckig anhängende Ameisensäure vollständig zu entfernen, und trennt dann durch Ägkalilösung die Ulminsäure von dem darin unlöslichen Ulin  $\text{C}_{10}\text{H}_{22}\text{O}_{14} = \text{C}_{10}\text{H}_{22}\text{O}_{12} + 2 \text{H}$  (bei + 140° C.), welches durch längere Behandlung mit Äkali allmählig in Ulminsäure verwandelt werden kann.

Eigenschaften.

Die Ulminsäure bildet im trockenen Zustande eine braune, nicht krystallinische Masse, im feuchten eine braune Gallerte, die sich in Alkohol fast gar nicht, in Wasser wenig, nicht aber in verdünnten Säuren und Salzlösungen auflöst. Sie löst sich in Alkalien mit braunrother Farbe, indem sie dieselben neutralisirt (Umate), auch in kohlensauren, indem sie dabei doppeltkohlensaures Alkali bildet. Aus diesen Auflösungen wird sie durch Säuren gefällt; aus der ammoniakalischen Lösung dagegen schlägt sie sich als Ammonialsalz nieder, dem weder durch Säuren, noch durch Alkalien das Ammoniak vollständig entzogen wird.

Quellsäure.  
Vorkommen.

Die Quellsäure  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{16}$  (Muder), Acidum crenicum, hat ihren Namen daher erhalten, weil man sie zuerst in manchen Quellschwämmen aufgefunden hatte. Sie entsteht, wie die Humin- und Ulminsäure, gleichfalls aus der Pflanzenfaser oder anderen Pflanzengstoffen, wie Stärke, Gummi,

Zucker, wie es scheint, durch Sauerstoffaufnahme und Wasserausscheidung, aber nur in den unteren Schichten des Bodens und verschwindet, sobald die faulenden Stoffe der Luft ausgesetzt werden.

Man erhält sie am leichtesten aus dem ockerigen Absatz eisenhaltiger Darstellungen. Quellen oder Sumpferz und Raseneisenstein, die man so lange mit Aetkali kocht, bis der Absatz flüchtig geworden und die Flüssigkeit leicht filtrirt werden kann. Man übersättigt schwach mit Essigsäure und setzt dann so lange essigsaures Kupferoryd zu, als noch ein brauner Niederschlag entsteht. Ist letzterer weiß, so muß mehr Essigsäure zugesetzt werden. Man filtrirt, übersättigt etwas mit kohlensaurem Ammoniak, setzt dann wieder so lange essigsaures Kupferoryd zu, als noch ein weißgrünlicher Niederschlag entsteht, welcher ausgewaschen, durch Schwefelwasserstoff zersetzt, filtrirt, unter der Luftpumpe abgedampft und mit absolutem Alkohol ausgezogen wird. Die Lösung wird wieder ebenso abgedampft, in Wasser gelöst, mit neutralem essigsaurem Bleioryd gefällt, filtrirt, die Flüssigkeit mit basisch-essigsaurem Bleioryd gefällt, mit Schwefelwasserstoff zersetzt und die Flüssigkeit wieder unter der Luftpumpe abgedampft. Dieses umständliche Verfahren ist nöthig, um die Quellsäure von anderen ähnlichen Substanzen und fremden Salzen zu befreien.

Die trockene Quellsäure bildet eine gelbe, durchsichtige, nicht krystallinische, aber viele Sprünge zeigende Masse, ohne Geruch, von Anfangs stechendem, saurem, dann abstringirendem Geschmack, röthet Lackmus, wird durch Hitze zerstört und in jedem Verhältniß von Wasser und Weingeist gelöst. Eigenschaften.

Die quellsauren Alkalien (alkalischen Erenate) sind extraktähnlich, in Wasser leicht, in absolutem Alkohol nicht löslich. Die Salze der alkalischen Erden sind weniger löslich. Das quellsaure Eisenorydul ist ein lösliches blaßgelbes, das Eisenoryd ein unlösliches hell graurothes Salz. Auch mit Kieselsäure verbindet sie sich.

Die Quellsäure und ihre alkalischen Salze werden an der Luft sehr schnell braun unter Entstehung einer neuen Säure, der

Quellsägsäure  $C_{10}H_{12}O_{24}$  (Muller), Acidum apocrenicum. Man erhält sie durch Ausziehung des Ockers mit Kali, Ansäuern der Flüssigkeit und Fällung durch essigsaures Kupferoryd. Der Niederschlag wird nur einigemal mit Wasser ausgewaschen, weil die Kupferverbindung in dem nun nicht mehr salzhaltigen Wasser auflöslich ist. Man zersetzt dieselbe durch Schwefelwasserstoff, verdunstet unter der Luftpumpe, zieht mit absolutem Alkohol aus und dunstet ab. Quellsägsäure.  
Vorkommen  
und  
Darstellung.

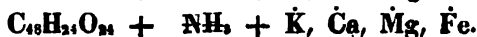
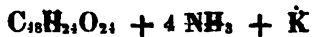
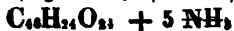
Das quellsägsaure Ammoniak entsteht durch Einwirkung von Salpetersäure auf Humusäure, wessen Ursprungs sie auch sei.

Die Quellsägsäure bildet eine schwarzbraune, gesprungene, in Wasser ziemlich leicht lösliche Masse, welche ein dunkelrothes Pulver liefert, ihre braune Auflösung röthet Lackmus stark, sie schmeckt nicht sauer, sondern zusammenziehend. Die Lösung wird von Säuren, außer Essigsäure, und von Salmiak größtentheils gefällt. Sie wird von Salpetersäure von Eigenschaften.

1,25 specifischem Gewicht, besonders in der Wärme leicht-gelöst, dabei höher oxydirt und in Quellsäure verwandelt. Sie ist (wenigstens die künstlich dargestellte) eine fünfbasige Säure, kann sich also mit 5 At. Wasser oder mit ebensoviel einer Basis verbinden.

Nach den Versuchen von Berzelius bildet sich auch sowohl quellsaures, als quellsaures Ammoniak durch Einwirkung der Salpetersäure auf Kohle. Es wird nämlich dabei ein Theil der Kohle von der Säure gelöst, während ein anderer als ein rußähnliches Pulver zurückbleibt. Die dunkelbraune Lösung verwandelt sich beim Eintrocknen im Wasserbade in Gerbsäure. Vor dem Abdampfen mit Ammoniak übersättigt, läßt sich aus der Flüssigkeit eine Säure darstellen, welche fast alle Reactionen der Quellsäure zeigt. Die Gerbsäure  $C_{18}H_{10}O_9$  enthält 6 At. Kohlenstoff und die Elemente von 7 Atomen Wasser weniger, als die Quellsäure  $C_{24}H_{12}O_{16}$ . Die künstliche Gerbsäure, durch mehrmaliges Auflösen und Abdampfen von anhängender Salpetersäure befreit, hinterließ beim Sättigen mit Ammoniak und Eintrocknen eine braune, rissige Masse, welche sich wie ein Gemenge von quellsaurem und quellsaurem Ammoniak verhielt. 1 At. Quellsäure  $C_{24}H_{12}O_{16}$  + 1 At. Quellsäure  $C_{18}H_{10}O_9$  = 4 At. Gerbsäure  $C_{22}H_{10}O_{16}$  — 4 At. Wasserstoff + 6 At. Sauerstoff, wonach also hierbei die Gerbsäure 4 Atome Sauerstoff und die Elemente von 2 At. Wasser aufnehmen mußte.

Ihre Salze (Apocrenate) gleichen den quellsauren, nur sind sie alle schwarzbraun und die schwerlöslichen derselben noch weniger löslich, als die der Quellsäure. Aber sie wird, wie diese, von der Essigsäure aus ihren Verbindungen abgeschieden. Eine besondere Verwandtschaft hat sie zur Thonerde, aus deren Verbindung sie sich nicht wieder ausscheiden läßt, weil die Thonerde überall mitfolgt und Säuren die Verbindung nicht anders lösen, als bei einer Temperatur, wobei sie durch ihre Einwirkung die Zusammensetzung der Quellsäure umzuändern scheinen. Durch die Eigenschaft, fünfbasig zu sein, vermag sie unlösliche Apocrenate, z. B. von Eisenoxyd, in Wasser löslich zu machen, indem sie sich mit löslichen Apocrenaten zu löslichen Doppelsalzen verbindet, und hat daher für die Vegetation einen weit höheren Werth, als die humusartigen Salze. Es gibt z. B. Apocrenate von folgender Zusammensetzung:



Andere wichtige  
Bestandtheile  
der  
Dammerde.

Auch das Gein und die Geinsäure  $C_{18}H_{10}O_{21}$  = Huminsäure  $C_{18}H_{10}O_{21}$  + 2 At. Sauerstoff, die Torfsäure, welcher nach Hermann der Torf seine saure Reaction verdankt und die übrigens auch in der Dammerde enthalten ist, aber nur aus einem Material darstellbar ist, welches, wie die Ackererde aus dem russischen Gouvernement Nischnei-

Nomgorod, weder Holzhumussäure, noch Adersäure (eine aus Tula'scher Adererde ausziehbare braune Materie) enthält, und noch einige andere noch nicht genauer untersuchte oder noch nicht mit Bestimmtheit nachgewiesene Substanzen bilden, außer den bereits angeführten, die Bestandtheile der Dammerde.

**Zersetzung organischer Körper durch Einwirkung der Wärme.**

Alle organischen Körper erleiden, wenn sie einer erhöhten Temperatur ausgesetzt werden, eine Zersetzung in neue Verbindungen, welche je nach der Natur der angewendeten Körper und je nachdem Wasser oder Luft zugegen sind, auch bei einem und demselben Körper sehr verschieden sein können. Man kann daher 1) solche Veränderungen unterscheiden, welche durch das Kochen verschiedener Substanzen mit Wasser herbeigeführt werden; 2) solche, welche durch gelindes Erhitzen bei Abwesenheit von Wasser, aber ungehindertem Luftzutritt, oder durch die Röstung entstehen und 3) solche, die sich durch stärkere Erhitzung bei Abwesenheit von Wasser und unter Abschluß der Luft, bei der trockenen Destillation, erzeugen.

Unter gleichzeitiger Einwirkung von Wasser und Luft erhält man 3. B. den Fischlerleim, welcher durch Kochen der verschiedenartigsten Thierstoffe, insbesondere Haut, Sehnen, Knochen, Knorpel u. dgl. mit Wasser entsteht.

Unter gleichzeitiger Mitwirkung von Wasser und Luft.

Die Veränderungen, welche trockene, organische Körper durch vorsichtiges Erwärmen bis zum Schmelzpunkte, oder durch das Rösten erleiden, bestehen im Allgemeinen darin, daß sie unter Annahme einer braunen Farbe und Entwicklung eines nicht übelriechenden Dampfes, vermöge Bildung eines brenzlichen (Brand- oder empyreumatischen) Dis<sup>1)</sup> in eine Substanz von brandig bitterlichem Geschmack und größerer Löslichkeit in den gewöhnlichen Lösungsmitteln übergehen. Die Ursache des bitteren Geschmacks ist die Entstehung eines eigenthümlichen indifferenten Körpers, von Reichenbach Affamar, Röstbitter, genannt<sup>2)</sup>. Auf solche Weise erhält man durch Rösten des Stärkemehls in eisernen Cylindern Stärkexgummi oder Dextrin.

Das Rösten.

Wenn organische Körper in trockenem Zustande einer erhöhten Temperatur ausgesetzt — der trockenen Destillation unterworfen werden, liefern sie, auch wenn sie für sich nicht flüchtig waren, theils flüchtige, theils feuerbeständige Zersetzungsprodukte. Erstere sind flüssige und luftartige Substanzen, letztere aber nur feste, nämlich Kohle. Denselben Zersetzungen unterliegen auch flüchtige organische Körper, wenn man sie als Dampf unter Luftabschluß durch eine glühende Röhre leitet.

Trockene Destillation.

1) Dieses zeigt sich (auch wenn der Kaffee nicht mit Butter geröstet wurde) zuweilen auf Kaffeeaufgüssen als fette Öltropfen.

2) Vgl. Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 49. 1844.

Die Produkte der trockenen Destillation zeigen eine noch größere Verschiedenheit untereinander, als die eben angegebenen Zersetzungsprodukte, nicht bloß nach der Natur des Körpers, der ihr unterworfen wurde, sondern auch nach den verschiedenen Hitzegraden, welchen sie ausgesetzt wurden. Selbst die bei niedriger Temperatur entstandenen Produkte gehen bei gesteigerter Hitze zum Theil auch wieder in andere Stoffe über. Man bewirkt diese Zersetzungsprozesse bei chemischen Versuchen (im Kleinen) gewöhnlich in einer mit einer Vorlage versehenen eisernen Retorte, im Großen in eisernen Röhren, Kästen, Destillirblasen, oder in eigens dazu eingerichteten Öfen.

So verschiedenartig auch die entstehenden Produkte sind, so lassen sich doch die bei der trockenen Destillation stattfindenden Erscheinungen im Allgemeinen in 3 Perioden theilen.

Erste Periode  
der trockenen  
Destillation.

In der ersten Periode, bei Einwirkung der geringsten Hitzegrade, erscheint zuerst Wasser, Anfangs farblos, später gelb gefärbt und, wenn der organische Körper stickstofffrei war, Essigsäure; wenn er nur wenig Stickstoff enthielt, essigsaures Ammoniak, und wenn sehr viel, keine Essigsäure, sondern kohlensaures Ammoniak.

Zweite  
Periode.

In der zweiten Periode, bei gesteigerter Temperatur erscheint Rauch in der Vorlage, es entweicht Kohlenäure und die übergehende Flüssigkeit erscheint dunkler gefärbt. Auf ihrer Oberfläche scheiden sich ölarartige Tropfen von Anfangs gelblicher, später immer dunkler braun werdender Farbe ab. Nach einiger Zeit läßt die Entwicklung der Kohlenäure nach, Kohlenoxydgas, Leuchtgas und Grubengas treten dafür auf.

Dritte  
Periode.

In der letzten Periode der Zersetzung, bei den stärksten Hitzegraden geht keine Flüssigkeit mehr über, aber ein zähes, schwarzbraunes Pech. Die Entwicklung des Leucht- und Grubengases verliert sich, Kohlenoxyd-, Wasserstoff- und Stickstoffgas erscheinen dafür.

Trockene De-  
stillation des  
Holzes.

Am genauesten studirt und zugleich für die Forstwirtschaft am wichtigsten sind die Produkte der trockenen Destillation des Holzes. Man erhält bei derselben eine aus zwei Schichten bestehende Flüssigkeit, wovon die untere rohe Holzäure ist, welche man auch durch trockene Destillation von Braunkohle, Sumpferde u. dgl. erhält und welche aus Wasser, Essigsäure, aufgelöstem Brandöl, Brandharz, Brandextrakt und anderen Stoffen besteht. Die obere Schichte, eine braune, zähe, dickflüssige Masse, bildet den Theer, welcher aus verschiedenen Stoffen zusammengesetzt ist, von denen insbesondere das Kreosot von Wichtigkeit ist.

Holzessig.

Die rohe Holzäure oder der Holzessig, wovon ein Pfund lufttrockenes Holz 12 bis 15 Loth liefert, ist eine verdünnte Essigsäure, welche  $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{1}{4}$  ihres Gewichts kohlensaures Kali zur Sättigung erfordert, von dunkelbraunem, trübem Aussehen, unangenehm brenzlichem Geruch und Geschmack, vermöge des darin aufgelösten Brandöls, von Brandharz, Brandextrakt u. Sein Gehalt von etwa  $1\frac{1}{2}\%$  Kreosot verleiht ihm die fäulnißwidrige Eigenschaft, welche er besitzt, weshalb er in der Medicin zur Aufbewahrung des Fleisches und als Mittel gegen den Holzschwamm

Anwendung findet. Von seiner Reinigung wird im speciellen Theil bei der Theerschwelerei die Rede sein.

Wenn der Holzessig umdestillirt wird, so geht Anfangs eine gelbe Flüssigkeit über, welche leichter ist als Wasser und einen ätherartigen, aber zugleich brenzlichen Geruch hat. Sie besteht aus einem Gemenge mehrerer flüchtigen Flüssigkeiten, vorzüglich aber von Methylorydhydrat oder Holzgeist mit Xylit und Mesit und heißt roher Holzgeist. Man fängt bei der Destillation die 12—15 zuerst übergehenden Procente besonders auf und zieht von diesem Vorlauf wieder 15—18% ab. Zur Entfernung der freien Säure rectificirt man mit Kalk (am besten im Wasserbad). Dabei scheidet sich in der Blase eine große Menge eines dunkelbraunen Harzes ab und es destillirt etwa der dritte Theil des angewendeten rohen Holzgeistes als eine farblose Flüssigkeit von 0,830—0,840 specifischem Gewicht über, gereinigter Holzgeist, der zwar noch nicht vollkommen, aber doch hinreichend rein zur technischen Benutzung ist.

Holzgeist.  
Darstellung.

Man erhält so allerdings nur 1% gereinigten Holzgeist, allein, wenn schon bei der ersten trockenen Destillation des Holzes bessere Kühlgeräthschaften, als gewöhnlich, angewendet werden, so läßt sich die Ausbeute gewiß verdoppeln.

In englischen Fabriken wird der rohe Holzgeist durch wiederholte Rectification, in Frankreich durch wiederholte Destillation über Kalk im Großen vereinigt. Durch den Kalk wird das essigsaure Methyloryd, welches im rohen Holzgeist zu  $\frac{1}{4}$  seines Gewichtes enthalten ist, in Methylorydhydrat und essigsauren Kalk zersetzt. Der englische Holzgeist enthält demnach eine bedeutende Menge von essigsaurem Methyloryd, welche dem französischen fehlt, während dieser dafür eigentlichen Holzgeist (Methylorydhydrat) enthält.

Von seinem Gehalte an Ammoniak und Brandöl befreit man den Holzgeist durch Zusatz von Alaun ( $\text{K}\text{S} + \text{Al}\text{S}_3$ ), dessen Schwefelsäure sich mit dem Ammoniak verbindet, während die Thonerde in Verbindung mit dem Brandöl niederfällt, wovon der größere Theil schon zuvor durch Kohle entfernt worden ist.

Der Holzgeist oder Holzalkohol  $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2$  ist ein farbloser, dünnflüssiger Körper von alkoholischem und zugleich ätherischem Geruch, stark brennendem Geschmack und 0,8 specifischem Gewicht. Er brennt entzündet mit blauer Flamme, läßt sich in jedem Verhältnisse mit Wasser, Alkohol und Äther mischen und gleicht auch in anderen Beziehungen dem Alkohol auffallend, läßt sich wie dieser durch concentrirte Säuren in Ätherarten verwandeln, geht aber durch Drydation nicht in Essigsäure, sondern in Ameisensäure über.

Eigenschaften.

Der Holzgeist unterscheidet sich vom Alkohol vorzüglich durch einen niedrigeren Siedepunkt und durch seine weit größere Verwandtschaft zum Wasser. Holzgeist von 0,879 specifischem Gewicht kocht im Wasserbade bei 62,2° C., solcher von 0,832 specifischem Gewicht bei 60, Alkohol von

Unterscheidung des  
Holzgeistes  
vom  
Weingeist.

0,870 specifischem Gewicht kocht erst bei  $77,2^{\circ}$  C. Bei einem Gemische von 10 % Holzgeist mit Weingeist (beide von 0,870 specifischem Gewicht) fällt der Siedepunkt des Alkohols wenigstens um  $3^{\circ}$  C. Holzgeist von 0,870 specifischem Gewicht über ungelöschtem, aber gepulvertem Kalk im Wasserbade destillirt, geht mit unverändertem specifischem Gewicht über, während ächter Alkohol sich dadurch so concentrirt, daß er fast wasserfrei ein specifisches Gewicht von nicht einmal 0,800 bei  $15^{\circ}$  C. zeigt. Enthält daher der Alkohol auch nur 5% Holzgeist, so muß ihn schon seine die des Alkohols weit übersteigende Verwandtschaft zum Wasser verrathen. Endlich gibt auch der Holzgeist mit Schwefelsäure kein dem Äther in irgend einer Hinsicht ähnliches Produkt<sup>1)</sup>.

**Anwendung des Holzgeistes.** Der Holzgeist löst Harze und flüchtige Öle auf. Man benutzt ihn als Brennspritus, auch zu Harzfirnissen, namentlich von Schellack und Mastix, statt Alkohol zum Steifen und Wasserdichtmachen der Hüte, er verzehrt sich aber im Brennen rascher und mit geringerer Wärmeentwicklung und verbunstet schneller als der Alkohol. Mit  $\frac{1}{4}$  rectificirtem Terpentinöl versetzt, brennt er mit hellleuchtender, nicht rußender Flamme. Noch vortheilhafter ist wahrscheinlich ein gleichzeitiger Zusatz von Essäure, wie beim Alkohol. Vgl. S. 369<sup>2)</sup>. Jedenfalls steht der Holzgeist dem Weingeist als Beleuchtungsmaterial nach, da seine Flamme an und für sich weniger leuchtet und seine Darstellung bis jetzt noch höher kommt, als die des Weingeistes. Es ist daher nur in solchen Ländern möglich, im Holzgeist einen vortheilhaften Ersatz für den Weingeist zu finden, wo, wie z. B. in England, eine sehr bedeutende Steuer auf dem Weingeist lastet; bei uns nur, wenn die Preise des Branntweins sehr hoch stehen. So erzeugt ihn jetzt die Fabrik von Dollfuß und Handel in Chemnitz im Großen durch Destillation von Buchenholz in eisernen Cylindern und soll ihn billig liefern.

**Theer.** Der Theer ist eine zähe, schwarzbraune, dickflüssige Substanz von eigenthümlichem, durchdringendem Geruch, löslich in Weingeist, Äther und ätherischen Ölen, welche dem Wasser eine gelbliche Farbe und seinen eigenthümlichen Geruch ertheilt. Er besteht aus mehreren mit Essigsäure verbundenen Brandharzen, Fichtenharz, Terpentinöl, verschiedenen Brandölen und mehreren eigenthümlichen Stoffen, wie mehrere öartige Flüssigkeiten: Kreosot  $C_{11}H_{16}O_2$ , Cupion  $C_8H_{12}$ , Kapnomor und mehrere feste krystallisirbare, wie Paraffin  $C_{20}H_{42}$ , Chrysen  $C_{24}H_{18}$ , Cedrinet u.

Man benutzt den Theer zur Darstellung des Pechs durch Abdampfen, zur Wagenschmiere, als Schutzmittel gegen Feuchtigkeit und Luft für Holz,

1) Mehr hierüber von Ure in *Mechanic's Magazine*. 1843. Nr. 1032 und von da im allgem. *Wien. polytechn. Journ.* 1843. S. 890 und *Dingler's polytechn. Journ.* 89. S. 293 und Smelin's Untersuchung des Holzgeistes, *Ann. d. Pharm.* 25. S. 47—62; *pharm. Centralbl.* 1838. S. 246—250.

2) Vgl. auch Hefter über Gewinnung und Benutzung des Holzgeistes in *Hölz- und Stöckhardt's polytechn. Centralbl.* 1847. S. 12—14.

Laue, mit Pech zum Kalfatern (Ausfüllen der Lecke mit Berg und Theer) der Schiffe, mit Siegelmehl zu Brunnenkitt u. dgl.

In Rußland bereitet man einen dünnflüssigen Theer aus Birkenrinde durch absteigende Destillation, indem man zwei, durch ein durchlöcheretes Blech getrennte Köpfe, wovon der obere mit Birkenrinde gefüllt, der untere aber leer ist, mit der Mündung aufeinander klebt und den oberen erhitzt, so daß der Theer in den unteren abfließt. Er kommt unter dem russischen Namen Dagget (Theer) im Handel vor und wurde früher unter dem Namen Birkenöl (*Oleum betulinum*, *oleum moscoviticum*, *oleum rusci*) in Apotheken, jetzt nur noch zur Verfertigung des Justenlebers und das durch Destillation mit Wasser daraus dargestellte Brandöl, das eigentliche Birkenöl  $C_{10}H_{18}$  als Zusatz zu nachgemachtem Rum und Arrak gebraucht.

Das Kresot  $C_{10}H_{10}O_2$ , welches aus dem Buchenholztheer, worin Kresot. es zu 20—25 % vorkommt, durch ein sehr umständliches Verfahren erhalten wird, ist eine farblose, bläuliche Flüssigkeit von durchdringendem Rauchgeruch und brennendem, ägendem Geschmack. Die Zunge wird davon verlegt, die Haut löst sich ab, es ist die Ursache der beißenden Wirkung des Holzrauchs auf die Augen. Es ist von 1,04 specifischem Gewicht, löst sich leicht in Alkohol und Äther, nimmt 10 % Wasser auf, löst sich aber erst in 80 Theilen desselben, verdunstet an der Luft langsam, aber ohne Veränderung. Durch oxydierende Körper wird es verharzt, durch Säuren zerlegt. Seine vorzüglichste Eigenschaft aber ist, das Eiweiß augenblicklich zu coaguliren, wodurch es als blutstillendes und fäulnißwidriges (z. B. beim Räuchern des Fleisches) Mittel wirkt.

Durch die trockene Destillation der Steinkohlen erhält man Leuchtgas, Produkte der trockenen Destillation der Steinkohlen. Gruben-, Kohlenoxyd- und Wasserstoffgas, Wasser, kohlensaures Ammoniak, Theer, Stickstoffgas, aus schwefelhaltigen Kohlen auch Schwefelwasserstoff und im Theer drei basische Substanzen: Cyanol, Pyrrhol, Leutol, einen krystallisirbaren indifferenten Körper: Naphthalin  $C_{10}H_8$  u.

### Versehungssprodukte organischer Körper durch anorganische Säuren.

Die wichtigsten der hierher gehörigen Produkte sind die, welche durch Einwirkung der Schwefelsäure auf Stärkmehl und auf Weingeist entstehen.

Das Stärkmehl wird dadurch zuerst in Stärkergummi und dann in Krümelzucker, der Weingeist in Äthyloryd oder Äther verwandelt.

Man trägt das von der Fabrikation noch feuchte Stärkmehl allmählig in eine gleiche Gewichtsmenge kochendes, mit  $1\frac{1}{2}$  bis 2 % Schwefelsäure versetztes Wasser und erhitzt es damit, um Gummi zu erhalten, bis  $90^\circ C$ , aber nur so lange, bis die Masse dünnflüssig geworden; um dagegen Zucker zu erzeugen, bis eine Probe von Weingeist nicht mehr (durch gefälltes Gummi) getrübt wird. Die Flüssigkeit wird in beiden Fällen abgeseigt, mit Kreide neutralisirt, dann vom gebildeten Gyps abfiltrirt und abgedampft bis zur Syrupconsistenz, wo sich noch mehr Gyps abscheidet; dann

Darstellung von Stärkergummi und Krümelzucker.



### 380 Zersetzung organischer Stoffe durch Mineralsäuren.

wird noch so weit abgedampft, bis die Masse beim Erkalten zur körnigen Masse erstarrt. Häufig wird auch der Syrup als solcher verbraucht.

**Äther.** Den Äther oder das Äthyloryd  $C_2H_5O$  oder  $AcO$ , früher auch Schwefeläther genannt, welcher durch Einwirkung von Schwefelsäure auf Weingeist entsteht, erhält man durch Destillation von 5 Theilen Weingeist von 90%, welche zuvor vorsichtig mit 9 Theilen concentrirter Schwefelsäure gemischt wurden, in einer Retorte, in welcher oben eine Glasröhre einmündet, durch die fortwährend Weingeist zutropfeln kann, und setzt die Destillation so lange fort, bis 31 Theile Weingeist durch die Röhre nachgeflossen sind. Das Destillat enthält noch Weingeist, schweflige Säure und Wasser. Von beiden ersteren wird es durch Schütteln mit Wasser und Rectification über Kalkhydrat oder Alkali, von letzterem durch Rectification über Chlorcalcium oder gebranntem Kalk befreit.

Bei der Einwirkung der Schwefelsäure auf den Weingeist, welcher als das Hydrat des Äthers, oder als Äthylorydhydrat zu betrachten ist, (das Äthyl ist ein hypothetisches Radical:  $C_2H_5$ ), entsteht zuerst doppelt-schwefelsaures Äthyloryd, indem ein Theil der Schwefelsäure dem Weingeist oder Äthylorydhydrat das Wasser entzieht, ein anderer Theil aber mit dem frei gewordenen Äthyloryd in Verbindung tritt zu doppelt-schwefelsaurem Äthyl oder Schwefelweinsäure. Hat sich die Flüssigkeit so weit concentrirt, daß sie zum Kochen einer Temperatur von  $127^{\circ} C.$  bedarf, so tritt eine Zersetzung ein, das Äthyloryd oder der Äther entweicht, verwandelt sich aber auch zum Theil wieder durch Wasseraufnahme in Weingeist. Hat durch fortgesetzte Concentration der Kochpunkt  $160^{\circ} C.$  erreicht, so wird kein Äther mehr ausgeschieden, denn nun wirken die Bestandtheile des doppelt-schwefelsauren Äthyloryds selbst aufeinander und bilden schweflige Säure, Leuchtgas, Wasser und Kohle.

Der Äther ist eine sehr dünnflüssige, farblose Flüssigkeit von durchdringendem, angenehmem Geruch, brennend süßlichem, nachher kühlendem Geschmack und 0,72 specifischem Gewicht. Er verflüchtigt sich äußerst leicht und kocht schon bei  $+ 35,6^{\circ} C.$ , bei  $- 44^{\circ}$  erstarrt er. Er entzündet sich leicht, schon aus einiger Entfernung durch seinen Dunst und verbrennt mit hellleuchtender, rußender Flamme zu Kohlensäure und Wasser. Er nimmt etwas Wasser auf, braucht aber zur Auflösung 10 Theile. Mit Weingeist und flüchtigen Ölen ist er in jedem Verhältnisse mischbar. Für viele Substanzen, namentlich Harze, Kautschuk ist er ein vorzügliches Lösungsmittel. An der Luft verwandelt er sich unter Sauerstoffaufnahme in Wasser und Essigsäure.

Mit Säuren bildet er theils neutrale Verbindungen, Naphthen, theils saure, Äthersäuren. Er wird in der Medicin, zur Firnißbereitung und in der Chemie sehr häufig als Lösungsmittel benutzt.

## Specieller Theil.

### F o r s t c h e m i e.

---

Die Forstwissenschaft beschäftigt sich mit dem Waldbau, oder der Cultur der Holzpflanzen und mit der Forstbenutzung, oder der Art und Weise, die Forstprodukte ihrem Zwecke am vortheilhaftesten zuzuführen.

Die Cultur der Pflanzen überhaupt besteht in der künstlichen Beförderung des Vegetationsprocesses. Die wissenschaftliche Erklärung dieses Processes ergibt sich nur aus der Annahme gewisser Naturkräfte, deren Untersuchung den Gegenstand der Chemie und Physik bildet. Beide Wissenschaften sind als die Grundlage der Lehre vom Waldbau zu betrachten. Der Gegenstand zerfällt in dieser Beziehung 1) in die Lehre von der chemischen Zusammensetzung der Holzpflanzen und ihren physikalischen Eigenschaften, 2) die chemisch-physikalische Betrachtung ihrer Entwicklung, oder der Pflanzenernährung, welche beide zusammen die forstliche Pflanzenchemie bilden, 3) die Lehre von den Nahrungsquellen der Forstpflanzen, die forstliche Atmosphärologie und Bodenkunde und 4) die Lehre von den Mitteln, die Entwicklung der Pflanzenernährung künstlich zu befördern, oder die forstliche Düngerlehre.

---

#### I. Forstliche Pflanzenchemie.

##### Chemische Bestandtheile der Pflanzen.

Man unterscheidet nähere und entferntere. Die entferntesten oder Grundstoffe derselben sind: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, bei einigen auch Schwefel und Phosphor als Hauptbestandtheile nebst mehreren Metallen, wie Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Aluminium, Eisen, Mangan, und nicht metallischen Elementen, wie Silicium, Chlor, so wie den auch schon als Hauptbestandtheilen aufgeführten: Stickstoff, Kohlenstoff, Schwefel und Phosphor als Nebenbestandtheilen.

Der Kohlenstoff ist der Bestandtheil aller Pflanzen und aller ihrer Organe. In dem größten Theile derselben ist er mit Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältnisse verbunden, in welchem beide im Wasser enthalten sind. Hierher gehören Holzfaser, Stärkmehl, Zucker und Gummi. Andere enthalten außer Kohlenstoff und den Elementen des Wassers noch eine gewisse Menge Sauerstoff mehr, als das Wasser enthält, es sind mit wenigen Ausnahmen die organischen Säuren. Eine dritte Abtheilung enthält Kohlenstoff und die Bestandtheile des Wassers nebst noch einer gewissen Menge Wasserstoff. Sie umfaßt die flüchtigen und fetten Öle, das Wachs und die Harze.

Der Stickstoff bildet einen Bestandtheil des Pflanzeneiweißes, des Klebers, mehrerer indifferenter Stoffe und aller organischen Basen. Er fehlt übrigens in keinem Organe ganz, wenigstens nicht im Saft, wenn er auch nur einen kleineren Theil der Pflanzenbestandtheile bildet und daher häufig übersehen wurde.

Die im Samen und Saft der Pflanzen nie fehlenden Stickstoffverbindungen enthalten auch eine gewisse Menge Schwefel, so die Samen der Gräser im Fibrin, die der Hülfengewächse im Legumin oder Casein, der Pflanzensaft im Eiweißstoff. Die Cruciferen enthalten außerdem noch schwefelreichere Verbindungen als scharfe flüchtige Öle, wie namentlich Senf, Meerrettig, Köpfelkraut, Gartentresse, auch die Capucinerkresse, der Lauch und die Zwiebeln.

Man kann alle organischen Bestandtheile der Pflanzen in zwei Abtheilungen bringen, in die stickstoffhaltigen und stickstofffreien Bestandtheile.

Die stickstofffreien Bestandtheile zerfallen wieder in sauerstoffhaltige, wie Stärkmehl, Zucker, Gummi, Holzfaser und sauerstofffreie, Terpentinöl, Citronenöl, Wachholderöl.

Die stickstoffhaltigen sind entweder schwefel- und sauerstoffhaltige in allen Samen, oder schwefelhaltige, aber sauerstofffreie im Senföl, oder schwefelfreie in den Pflanzenbasen.

Elementare  
Bestandtheile  
des Holzes.

Was das quantitative Verhältniß der Grundbestandtheile im Holze betrifft, sind darüber von mehreren Chemikern Versuche angestellt worden. Gay-Lussac und Thénard fanden in 100 Theilen bei  $+100^{\circ}$  C. getrockneten Holzes.

	Eichenholz.	Buchenholz.	Atome.	Berechnet
Kohlenstoff	52,53	51,45	3	50,480
Wasserstoff	5,69	5,82	4	5,495
Sauerstoff	41,78	42,73	2	44,025

Noch mehr stimmen Prout's Analysen mit den Atomzahlen überein. Er fand im Weidenholze 50, im Buchsbaumholze 49,8 Kohlenstoff, das Übrige war Wasserstoff und Sauerstoff in demselben Verhältnisse wie im Wasser.

Petersen und Schöbber fanden nach ihrer in Liebig's Laboratorium angestellten Analyse in 100 Theilen bei  $+100^{\circ}$  C. getrockneten Holzes folgende Zahlen, denen sie die Sauerstoffmenge beifügten, welche jede Holzart außer der ihr schon eigenen noch von Außen zur völligen Verbrennung aufnehmen muß und welche theoretisch den relativen Brennwerth ausdrückt, der sich bekanntlich in der Praxis durch vielfache Nebenumstände ganz anders gestaltet:

Holzart.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Aufzunehmen- der Sauerstoff.
Eiche, <i>Quercus robur</i>	49,432	6,069	44,499	133,472
Rothbuche, <i>Fagus sylvatica</i>	48,184	6,277	45,539	130,834
Weißbuche, <i>Carpinus Betulus</i>	48,533	6,301	45,166	132,312
Birke, <i>Betula alba</i>	48,602	6,375	45,023	133,229
Erle, <i>Betula Alnus</i>	49,196	6,217	44,587	133,953
Lerche, <i>Pinus Larix</i>	50,106	6,310	43,584	138,082
Weißtanne, <i>Pinus Abies</i>	49,946	6,407	43,647	138,377
Fichte, <i>Pinus picea</i>	49,591	6,384	44,025	136,886
Kiefer, <i>Pinus sylvestris</i>	49,937	6,250	43,813	136,931
Pflaume, <i>Prunus domestica</i>	49,311	5,964	44,725	132,088
Kirsche, <i>Prunus Cerasus</i>	48,824	6,276	44,900	133,340
Apfel, <i>Pyrus Malus</i>	48,902	6,267	44,831	133,139
Birne, <i>Pyrus communis</i>	49,395	6,351	44,426	135,881
Ebenholz, <i>Diospyr. Ebenum</i>	49,838	5,352	44,810	128,478
Buchsbäum, <i>Buxus sempervirens</i>	49,368	6,521	44,111	137,315
Korkulme, <i>Ulmus suberosa</i>	50,186	6,425	43,389	139,408
Pappel, <i>Populus nigra</i>	49,699	6,312	43,989	136,628
Esche, <i>Fraxinus excelsior</i>	49,356	6,075	44,569	133,251
Wallnuß, <i>Juglans regia</i>	49,113	6,444	44,444	135,690
Acacie, <i>Robinia Pseudacacia</i>	48,669	6,272	45,059	132,543
Roskastanie, <i>Aesculus Hippocastanum</i>	49,077	6,714	44,209	138,002
Linde, <i>Tilia europaea</i>	49,408	6,861	43,731	140,523
Weide, <i>Salix fragilis</i>	48,839	6,360	44,801	133,951
Ahorn, <i>Acer campestre</i>	49,803	6,307	43,890	136,960

Die Quantität Wasserstoff, welche nöthig ist, um mit 44,498 Sauerstoff Wasser zu bilden, ist  $\frac{1}{10}$  dieser Quantität, nämlich 5,56, das Eichenholz enthält demnach  $\frac{1}{12}$  mehr Wasserstoff, als diesem Verhältnisse entspricht, Pinus Larix, Abies und picea enthalten  $\frac{1}{7}$ , die Linde  $\frac{1}{6}$  mehr Wasserstoff. Der Wasserstoffgehalt steht in einiger Beziehung zum specifischen Gewichte, die leichten Holzarten enthalten mehr davon, als die schweren; das Ebenholz enthält genau die Elemente des Wassers.

Den Unterschied in der Zusammensetzung der Holzarten von der der reinen Holzfaser leitet Liebig von der Gegenwart wasserstoffreicher und sauerstoffarmer, zum Theil löslicher Bestandtheile im Harz und anderen Stoffen ab, deren Wasserstoff sich in der Analyse zu dem der Holzfaser addirt. Nach Gay-Lussac und Thénard besteht die Holzfaser des Eichenholzes nach dem Auskochen mit Wasser und Alkohol aus  $C_{10}H_{11}O_{21}$ . Nach der Analyse von Blondeau de Carolles<sup>1)</sup> dagegen ergibt sich für die Holzfaser die Formel CHO, wonach dieselbe also mehr Sauerstoff enthält, als

1) Erdmann's Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 32. S. 427.

das Holz =  $C_2H_2O_2$ . Daß andere Analysen wie die erstere nicht mehr Sauerstoff für den Faserstoff ergeben als für das Holz, scheint darin seinen Grund zu haben, weil gewöhnlich so geringe Mengen Holz zu Elementaranalysen angewendet werden, daß die übrigen Bestandtheile gegen die des Faserstoffs verschwinden, weshalb man beim Analysiren von Holz und Holzfaser in der Regel fast ganz gleiche Resultate erhält.

Payen wies in der Holzfaser auch Stickstoff nach und Chevandier fand in 100 Theilen bei  $+ 140^\circ C$ . getrockneten Holzes:

	Buche	Eiche	Birke	Zitterpappel	Weide
C	49,89	50,64	50,61	50,31	51,75
H	6,07	6,03	6,23	6,32	6,19
O	43,11	42,05	42,04	42,39	41,08
N	0,93	1,28	1,12	0,98	0,98

Nach Blondeau de Carolles ist jedoch der Stickstoff nicht in chemischer Verbindung, sondern im freien Zustande vorhanden und scheint sich im Innern der Schläuche zu befinden, um sie ausgedehnt zu erhalten <sup>1)</sup>.

Die in den Pflanzen vorkommenden Metalle: Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Aluminium, Eisen und Mangan bilden die Grundlagen von Salzen, welche man theils gelöst findet im Pflanzensaft, theils in fester Form krystallisirt, so als Chlorverbindungen, wie Chlorkalium, Chlornatrium (im Saft fast aller Pflanzen), oder mit Sauerstoff als Alkalien, wie Kali, Natron — alkalische Erden, wie Kalk und Magnesia — Erden, wie die Thonerde, oder Schwermetalloryde, wie Eisen und Mangan — gebunden an organische Säuren und den Sauerstoffverbindungen der in den Pflanzen vorkommenden Nichtmetalle als anorganischen Säuren — pflanzen-saure Salze, wie äpfelsaure, weinsäure, citronensäure, oxalsäure Salze von Kali, Natron, Kalk, im Saft vieler Pflanzen, namentlich in den fleischigen Früchten, die in Wasser unauflöslichen Salze finden sich in fester Form und zwar stets krystallisirt in den Zellen vor, wie besonders der oxalsäure Kalk, der in keiner Pflanze zu fehlen scheint — Sulphate von Kali, Natron, Kalk im Saft der meisten Pflanzen, der Gyps auch häufig in Krystallen, wie bei den Scitamineen; Silicate von Kali, sowohl gelöst, im Pflanzensaft, wahrscheinlich in dem Verhältnisse, wie in der Kiesel Feuchtigkeit, als basisches Kalisilicat ( $K_2Si$ ), als auch in der Form fester Concretionen in der Rinde der Gewächse, besonders in der Epidermis rigider, sehr rauh anzufühlender Gewächse, wie des Schachtelhalm, des Schilfs, des Bambusrohrs, in dessen Ranten es erbsengroße Stücke (Tabasheer) bildet, in dem Verhältnisse wie im Glase, wahrscheinlich als saures Kalisilicat ( $KSi$ ). Nach anderen Versuchen bestanden dagegen diese Concretionen bloß aus Kieselsäure. Phosphate von Kali, Kalk, Magnesia, Thonerde, Eisen, Mangan in den Samen, namentlich denen der Gräser, Leguminosen, Roskastanien, Leinsamen, in den Kartoffeln u.; salpetersaures

1) Erdmann's Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 32. S. 427.

Kali in wenigen Pflanzen, wie im Boretsch, im Glaskraut; Carbonate: doppeltkohlensaurer Kalk im Saft der Pflanzen, neutrales Kalicarbonat als weißer Überzug, wie beim Armleuchter (Chara), als ganze Körner im Wässerschwanz (Hydrurus). Bisweilen sind auch gewisse Antheile der anorganischen und organischen Säuren an Alkaloide gebunden. Im Saft der Pflanzen kommt auch freie Kohlensäure vor, im festen Gewebe freie Kieselsäure. Saussure fand in der Asche der Eichenblätter im Frühjahr 3 Procent Kieselsäure, im Herbst 14½, im Holze 2% und im Splinte 7½% des Aschengewichtes. Der Stickstoff bildet außerdem mit Wasserstoff als Ammoniak ebenfalls solche Salze.

Jodide und Bromide kommen fast nur in Seegewächsen vor und von Kupferoxyd wurden bis jetzt nur Spuren in wenigen Pflanzen nachgewiesen.

Die anorganischen Salze, mit Ausnahme der flüchtigen Ammoniatverbindungen, bleiben bei der Verbrennung nebst den aus den pflanzen-sauren und salpetersauren Salzen dabei entstehenden kohlensaurer Verbindungen zurück und bilden die Asche. Das quantitative Verhältniß der angeführten Stoffe ergibt sich aus folgenden Analysen:

Anorganische Bestandtheile der Pflanzen.

Analysen einiger Pflanzenaschen von Hertwig.

100 Theile Asche enthalten:	Ruchholz	Ruchrinde	Kamholz	Kamrinde	Nicht-nadeln	Heimische Nadeln	Summe Nadeln	Summe Nadeln	Heimische Nadeln	Grünländisch I.	Grünländisch II.	Kartoffelkraut	Alle zusammen
Kohlensaures Kali	11,72		11,30			6,18	19,4	1,61	16,06	8,27	4,34	4,69	25,47
Kohlensaures Natron	12,37		7,42		10,72			1,11	32,4	10,75	11,99		8,16
Schwefelsaures Kali	3,49	3,02		2,95	1,95			8,64	9,24	4,63		2,28	2,23
Kochsalz								7,39	1,09				2,27
Schwefelsaures Natron					3,90								
Kieselsaures Kali													
Kohlensaures Kalk	49,54	64,76	50,94	64,98	63,32	51,38	40,00	39,50	47,81	49,73	43,68	41,61	
Wasser	7,74	16,90	5,60	9,93	18,6	7,09	4,27	1,92	4,05	1,38	3,76	6,41	
Phosphorsaures Kali	3,32	2,71	3,43	5,03	6,35	9,04	17,95	6,43	5,15	1,15	5,73	11,80	
Phosphorsaure Bittererde	2,92	0,66	2,90	4,18				6,66	4,37	7,82	1,30	0,91	
Phosphorsaures Eisenoxyd	0,76	0,46	1,04	1,04	0,88				0,90	3,64	2,75	0,81	
Phosphorsaure Thonerde	1,51	0,84	1,75	2,42	0,71				1,20				
Phosphorsaure Manganoxydul	1,59												
Kieselerde	2,46	9,04	13,37	17,28	10,31	8,26	15,25	7,97	7,81	15,54	23,81	2,26	

Aschenanalysen von de Saussure.

Namen der Gewächse	Theile von 100 Theilen der trockenen Pflanze	100 Theile Asche enthalten:					100 Theile Asche geben an Wasser lösliche Salze ab
		Alkalien und Salze analka- lischer Basis	Phosphor- halt. Kalk und Bittererde	Stickstoffhalt. (Harn, Mann- gan)	Kohlensaure Oxide	Kieselerde	
Eichbaum, Blätter vom 10. Mai	53	72,24	24	0,64	0,12	3	47
" " 27. Sept.	56	42,5	18,25	1,75	23	14,5	17
" " getrocknete Äste	4	58,58	28,5	1	12,25	0,12	26
" " Rinde derselben	60	29,75	4,5	1,75	63,25	0,25	7
" " Holz derselben	2	59,25	4,5	2,25	32	2	38,6
" " Splint dieses Holzes	4	55,3	24	2	11	7,5	32
" " Rinde dieses Holzes	60	28,5	3	2	66	1,5	7
" " Bast dieses Holzes	73	29,75	3,75	1	66	0,5	7
" " Extrakt des Holzes	61	51					
Eichenholz, Dammerde	41	32,5	10,5	14	10	32	
Wässriges Extrakt dieser Dammerde	111	66					
Blätter des Pappelbaums, Populus nigra, vom 26. Mai	66	51,5	13	125	29	5	36

1) Analyse von Thon.

I.

25

### Afchenanalysen von de Saussure.

Namen der Gewächse	Masse von 1000 Theilen der rechten pflanzl.	100 Theile Masse enthalten:					100 Theile Masse abnorm an Wasser ab- setzende Stoffe ab
		Ätherischen und öligen Theile	Phosphor- säure und Schwefel- säure	Stärke- körper (Fleisch, Mann- gan)	Spektralanalyse Erden	Ausfällende	
Blätter der Pappelbaums, <i>Populus nigra</i> , vom 12. Sept.	98	44	7	1,5	36	11,5	26
Stamm des Pappelbaums	8	50,5	16,75	1,5	27	3,3	26
Rinde desselben Holzes	72	29,2	5,3	1,5	60	4	6
Blätter des Haselnußstrauchs, <i>Corylus Avel- lana</i> , vom 1. Mai	61	50,7	23,3	1,5	2,2	2,5	26
Haselnußblätter vom 22. Juni	62	30	19,5	2	44,1	4	22,7
" " 20. Sept.	70	44	14	1,5	29	11,8	11
Geschälte Zwirge	5	28	12	2	36	22	24,5
Rinde derselben	62	56,7	35	0,12	8	0,86	12,6
Holz von <i>Norus nigra</i>	7	41,38	2,25	0,25	56	0,12	21
Spilint desselben Baumes	13	47,5	27,25	0,25	24	1	26
Rinde desselben Baumes	89	30,13	8,5	1,12	45	15,25	7
Rast der nämlichen Rinde	88	34,38	16,6	1	48	0,12	10
Holz der Reißbuche, <i>Carpinus Betulus</i>	6	48,63	23	2,25	26	0,12	22
Spilint derselben	7	47	36	1	15	1	18
Rinde derselben	134	34,88	4,5	0,12	59	1,5	4,5
Korkzellen	35	9,5					
Blätter vom 10. Mai	72	50					
" " 23. Juli	84	24					
" " 27. Sept.	86	13,5					
Kastanienblätter	71	60					
Gewissenblumen vor der Blüte vom 23. Juni	147	79,67	6,7	0,12	11,56	1,5	63
" " " 23. Juli	137	79,76	6	0,12	12	1,5	61
" " mit Gewen	60,25	22,5	0,5	4	3,75		51,5
Nichtblätter vom Saure vom 20. Juni	40,13	12,27	1,6	43,5	2,5	16	
von Kieselboden	29	34,5	12	5,5	20	19	15
Selbstbieren von Kalkboden vom 20. August	26	56,38	18	3,12	42	0,5	17
" " Kieselboden	22	41,5	22	9,5	22	5	24

Die im Wasser unlöslichen Stoffe wurden nicht bestimmt.

### Afchenanalysen von Berthier.

[illegible]









In der Asche der *Parmelia parietina* fand Thomson 65 Procent Kiesel-erde und 22—35 % phosphorsauren Kalk und Eisenoryd; das übrige war kohlensaurer Kalk, Schwefel- und phosphorsaures Natron nebst Chlornatrium. Die Aschenaussbeute betrug im Ganzen 6,71—6,8 %, bei *Parmelia saxatilis* von verschiedenen Standorten 3,9—6,9, bei *Cladonia rangiferina* 12,47, *Scyphophorus pyxidatus* 6,09, *Sc. bellidiflorus* 1,18, *Ramalina scopulorum* 4,18, *Parmelia omphalodes* 8,12, *Cetraria islandica* 1,84, die Zusammensetzung der Asche war überall wie bei *Parmelia parietina*.

Allgemeine  
Übersicht der  
anorganischen  
Bestandtheile  
der Pflanzen.

Aus vorstehenden Analysen ergibt sich im Allgemeinen, daß die 1 bis 5 Procente betragende Menge der anorganischen Bestandtheile, oder die Asche des Holzes über die Hälfte aus pflanzensauren (durch die Verbrennung in kohlensaure verwandelten) Kaltsalzen besteht. Die andere Hälfte bildet zum größten Theile pflanzensaures Kali, welches zuweilen bis gegen die Hälfte von Natron vertreten ist. Etwa  $\frac{1}{20}$  der Asche bilden Magnesiumsalze. Eisen- und Mangansalze finden sich nur bis gegen 6 Procent.

Thonerde ist nur in zweien der vorstehenden Analysen angegeben, in der von Hertwig zu durchschnittlich  $1\frac{1}{2}$  % Phosphat, bei Sprengel noch weniger. Nur in der Asche einiger Flechtenarten nahm man bisher noch allgemeiner einen Thonerdegehalt an. Knop und Schnedermann<sup>1)</sup> vermochten sie aber auch in diesen nach sorgfältiger Reinigung von Erde nicht mehr nachzuweisen.

Man hat daher die einzelnen Angaben über das Vorkommen der Thonerde als Pflanzenbestandtheil um so mehr aus mechanischen Einschließungen von Bodentheilen abzuleiten gesucht, je schwieriger sich bis jetzt noch der Übergang dieser Erde in die Pflanzen wegen ihrer fast absoluten Unauflöslichkeit (vgl. unter humussaure Salze S. 271), erklären läßt. Wittstein<sup>2)</sup> nimmt an, daß die Thonerde von den Wurzeln mit dem Wasser in höchst fein vertheiltem ungelösten Zustande aufgenommen werde, ähnlich so vielen feinen Niederschlägen, die in Flüssigkeiten vertheilt mit diesen durch die Filter gehen. Er löste die Asche verschiedener Gewächse in Salzsäure auf, verdampfte ohne vorhergehende Filtration zur Trockne, zog mit Salzsäure aus, fällte nach dem Filtriren mit Ammoniak, digerirte den ausgewaschenen Niederschlag noch feucht mit Kalilösung und digerirte dann den alkalischen Auszug mit Salmiak (vgl. S. 251). Die Asche aller von ihm nach diesem Verfahren untersuchten Gewächse, nämlich Blätter von *Vitis vinifera*, *Fragaria vesca*, *Juglans regia* und *Cissus hederacea*, jüngere Zweige von *Lonicera tartarica*, Blätter und Holz von *Ribes rubrum* und *Syringa vulgaris* lieferte unzweifelhafte Spuren von Thonerde, nur in der Wurzelrinde von *Berberis vulgaris* waren sie zweifelhaft und die Holzasche von *Prunus domestica* ergab gar keine Thonerde. Wie sich aber Wittstein überzeugt habe, daß den untersuchten Pflanzentheilen kein thonerdehaltiger Staub, Erdtheilchen u. anhängen, ist nicht angegeben. Aber auch nach Erdmann läßt sich um so weniger Thonerde nachweisen, je

1) Erdmann's Journ. f. prakt. Chemie. 38. 1846. S. 347.

2) Buchner's Repertor. f. d. Pharm. 2. Reihe. 44. Bd. 1846. S. 332—347.

sorgfältiger die Pflanzenstoffe vor der Einäschierung gereinigt wurden, und er konnte in ganz reinen Stücken harter Hölzer, namentlich Buchs- und Ebenholz keine Spur Thonerde ermitteln, ebensowenig in reinen Samenaschen.

Fürst von Salm-Horstmar fand in der Asche von *Helleborus niger* und in der der Nadeln von *Pinus sylvestris* keine Spur Thonerde, in der Asche des *Lycopodium complanatum* dagegen 38,5 Procent, während die Asche von den Zweigen eines *Juniperus communis*, welcher unmittelbar daneben gewachsen war, in 0,35 Grammen noch kein Milligramm enthielt. Dieses verschiedene Vorkommen der Thonerde glaubte er daraus erklären zu können, daß die Wurzeln mancher Pflanzen eine Säure ausscheiden, welche die Thonerde löslich macht, und wirklich fand er, daß die ganz frischen, feineren Wurzeln des *Lycopodium complanatum*, frei von Erde auf feuchtes Ladmuspapier gelegt, dasselbe röthen. Nach John's Analyse<sup>1)</sup> enthält diese Pflanze eine beträchtliche Menge saurer effigsaurer Thonerde, und in Norwegen benutzt man dieselbe sogar als Beize zum Blaufärben mit Blauholz. Auch *Lycopodium alpinum* soll sich ähnlich verhalten.<sup>2)</sup>

Nach den pflanzenfauren bilden die phosphorfauren Salze die beträchtlichste Menge und zwar als Kalk- und Magnesiaverbindungen; bilden jedoch nur etwa den zehnten Theil der Asche. Die Kiesel Erde findet sich zu etwa zwei Procenten in der Asche der Laubbölzer, bei den Nadelhölzern und den Blättern der Bäume zu 12 Procent. Mehr als das Holz enthält noch die Rinde. Bei den Gräsern und Flechten bildet sie über die Hälfte, bei den Squifeten nach Struve über 97 Procent der ganzen Aschenmenge, auch im Samen der Gerste beträgt sie fast  $\frac{1}{4}$ , im Hafer über die Hälfte derselben, während sie andere Samen in der Regel nur zu 1 bis 2 Procenten, oder gar nicht enthalten. Ubrigens zeichnen sich die Samen durch die beträchtliche Menge an Phosphaten (über die Hälfte der Asche) von Kalk, Magnesia und Kali, so wie durch den constanteren und größeren Natrongehalt<sup>3)</sup> aus, welcher bisweilen sogar die Quantität des Kali übersteigt. Auch die Asche der Flechten besteht fast zur Hälfte aus Kaltposphat.

Wiel beträchtlicher als in den Holzarten, bei denen sie in der Regel nur  $1\frac{1}{2}$  bis 3 Procente beträgt, ist die Menge der anorganischen Bestandtheile, oder der Asche in den Blättern, krautartigen Pflanzen und Flechten, wo sie von 4 bis 23 Procente steigt.

Die pflanzenfauren Salze, welche in keiner Pflanze fehlen, sollen nach

1) S. dessen chemische Schriften VI. 50 oder Gechner's Resultate der bis jetzt unternommenen Pflanzenanalysen. Leipzig, Bosh. 1820.

2) Oken's Naturgeschichte. 2. Bd. Stuttgart. 1838. S. 317.

3) Nach Erdmann beruht aber der große Natrongehalt, welchen man nach der Analyse von Will und Fresenius erhält, auf einem Fehler dieses Verfahrens, da sich ihm dieser Gehalt wohl nach dieser, nicht aber nach seiner Methode ergab. Es stellte sich heraus, daß das vermeintliche Natron nichts Anderes als bei der Analyse zugesetzter und nicht vollständig wieder entfernter Baryt war. Vgl. das Verfahren von Erdmann im pharm. Centralbl. 1847. S. 115 aus dem Berichte der Leipziger Gesellschaft der Wissenschaften. S. 83—90.

Liebig für jede Pflanzenspecies eine bestimmte Quantität Basis in Anspruch nehmen, so nämlich, daß die Summe der Sauerstoffmenge aller Basen, die mit Pflanzensäuren verbunden sind, sich stets gleich bleibt. Mulder dagegen sucht nachzuweisen, daß eine solche Gleichheit, wenn sie gefunden wurde, nur zufällig gewesen sein kann. Zumal lasse sich die Summe der Basen durch Einäscherung nicht einmal finden, da hier das Ammoniak verloren gehe. Daß sie übrigens annäherungsweise gleich sei, dies lasse sich schon aus allgemeinen Gründen vermuthen<sup>1)</sup>.

### Von der Zusammensetzung der einzelnen Pflanzentheile.

Wesentliche  
und  
unwesentliche  
Bestandtheile  
der Pflanzen.

Die wenigen Elemente, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und Phosphor, durch deren verschiedenartige Zusammensetzung die organischen Bestandtheile der Pflanzen entstehen, scheinen durchgängig als wesentliche Bestandtheile der Pflanzen betrachtet werden zu müssen, weil keiner von ihnen in jenen Theilen der Pflanze, worin sie einmal vorkommen, ein anderes Mal fehlen, oder durch ein anderes Element ersetzt werden kann, ohne die Natur dieser Pflanzensubstanz völlig zu ändern.

Wichtigkeit  
der  
anorganischen  
Bestandtheile  
der Pflanzen.

Weniger unbedingt scheint diese Annahme von den anorganischen Bestandtheilen (anorganischen Säuren, Basen und Salzen) zu gelten. Obgleich man sie in allen bis jetzt untersuchten Pflanzen, etwa Mycoderma vini ausgenommen, gefunden hat, so können sie doch nicht als wesentliche Bestandtheile der Pflanzen angesehen werden, weil zum Bestehen derselben keine constanten Mengen und selbst zum Entstehen mancher Pflanzstoffe wenigstens die unmittelbare Mitwirkung anorganischer Stoffe gar nicht erforderlich zu sein scheint. So liefert auf salpeterfreien Boden gesäeter Same der Sonnenblume, *Helianthus annuus*, salpeterfreie Pflanzen, während andere in denselben, aber mit Salpeterlösung begossenen Boden gesäete Sonnenblumenpflanzen denselben auch in ihrem Gewebe enthielten. De Saussure und viele andere Chemiker fanden in verschiedenen Pflanzen auf kalkreichem Boden mehr Kalk, als in kalkarmem oder kalkfreiem. Dagegen wachsen die mit Seesalz beladenen Meerpflanzen nur in einem seesalzhaltigen Wasser, die kochsalzhaltigen Strand- und Salzpflanzen verkümmern in einem Boden, der ihnen kein Kochsalz darbietet.

Die Schutzpflanzen, wie die Nesseln, *Urtica urens* und *dioica*, dann *Borago officinalis*, *Chenopodium vulvaria* und *vulgare* etc. lieben vorzugsweise Kali- und Kaltsalpeter und vegetiren daher auch an solchen Plätzen, wo Salpeter erzeugt wird, außerordentlich üppig, allein sie können auch auf einem salpeterlosen Boden wachsen, obgleich, wie es scheint, nicht immer so üppig. Lampadius fand, daß Kochsalz in dem Verhältnisse von 14,6 Gran auf 1 Quadratfuß Fläche die Vegetation von Hafer und Roggen sehr begünstige. Trommsdorff sah, daß ein Ast der *Mentha piperita*, den er in eine Auflösung von Salpeter gelegt hatte, um 378 Gran

1) Vgl. Mulder, Versuch einer physiologischen Chemie. 1846. S. 687. 693 u. 607.

schwerer geworden war, indem ein anderer von derselben Pflanze in reinem Wasser nur 145 Gran an Gewicht zugenommen hatte.

Das Stärkmehl enthält fast gar keine anorganischen Basen. Es entsteht ohne ihre unmittelbare Mitwirkung, aber der Zelleninhalt, welcher das Dextrin des Pflanzensaftes in Stärkmehl verwandeln muß, kann sie nicht entbehren, es verliert seine Eigenschaften, wenn es nicht die nöthige Menge von Basen findet. Es kann also (wenigstens mittelbar) ohne Basen nicht entstehen, ob es gleich keine derselben enthält.

Da die saftreichsten (die krautartigen) Pflanzen eine weit größere Menge Asche liefern, als die saftarmen (Holz-) Gewächse, so muß sich offenbar der größte Theil der anorganischen Substanzen im aufgelösten Zustande in den Pflanzen befinden. Diese anorganischen Stoffe nehmen also nicht in demselben Verhältnisse zu, wie die organischen Bestandtheile der Pflanzen, weil der Saftgehalt mit dem Alter abnimmt. Sie scheinen demnach mit den aus dem Humus aufgenommenen Stoffen in den Organismus gelangt, ausschließlich dem Nahrungs- und Abscheidungsstoffe anzugehören, aus dem sie sich mehr zufällig in um so größerer Menge in festem Zustande (krystallisirt) ablagern, je mehr gewisse Umstände, wie Bitterung, Klima, große Oberfläche u. die Verdunstung des Wassers aus der Pflanze begünstigen. Bildet auch die Kieselerde in manchen Pflanzen (s. S. 136) ein förmliches Skelett, so kann sie deswegen noch keinesweges als Analogon der Thierknochen betrachtet werden, weil sie sich in dieser Quantität nur bei einer ganz kleinen Anzahl von Pflanzen vorfindet, und die Menge des Tabascheers, einer im Bambusrohr vorkommenden Kieselbeconcretion, hängt nicht von der Größe einer Pflanze, sondern von dem krankhaften Zustande ihrer Knoten ab, denn man findet die größte Menge in denjenigen, bei welchen der Knoten völlig desorganisirt ist. Bei den Pflanzen scheint demnach auch das Skelett lediglich aus organischen Substanzen zu bestehen.

Es scheint, daß die anorganischen Bestandtheile des Bodens nur dadurch auf die Vegetation einwirken, daß sie den Humus oder die anderen assimilirbaren Substanzen auf eine oder die andere, den verschiedenen Pflanzenindividualitäten entsprechende Weise in seiner chemischen Zusammensetzung, sei es vor oder nach ihrer Aufnahme in die Pflanze, verändern.

Man unterscheidet in jeder Pflanze feste und flüssige Theile. Die festen Theile sind das Pflanzenstelett, welches aus Faserstoff besteht, und die festen Nahrungs- und Absonderungsstoffe, wie das Stärkmehl in allen Theilen der Pflanze, das Wachs im Blütenstaube, als Überzug der Blätter und mancher Früchte (Reif der Pflaumen, Trauben), das Harz in eigenen Rücken in allen Pflanzentheilen, in wenigen Pflanzen auch festes Fett, wie in den Cacaobohnen, Lorbeeren, Muskat- und Cocosnüssen, ferner die Kieselsäure, die Krystalle der unlöslichen Salze, wie der orsaure Kalk u.

Die flüssigen Bestandtheile der Pflanzen oder die Säftemasse zerfällt in den flüssigen Inhalt der gewöhnlichen Zellen, aus welchem sich die festen Bestandtheile der Pflanze ablagern, und in den Inhalt besonderer Zellen und Gänge, welcher nicht zur Ernährung dient, sondern als solcher in den

ste

und

flüssige Bestandtheile der Pflanzen.

Pflanzen abgelagert bleibt, bis er durch Zerreißung seiner Behälter einen Ausweg nach Außen findet, oder in den Nahrungs- oder Zellsaft und den Absonderungssaft.

Ersterer heist in physiologischer Beziehung bei einem gewissen Grade der Metamorphose zur Assimilation, wenn er sich durch die Entstehung junger Zellen, Stärkmehl u. in eine schleimig-granulöse Masse verwandelt hat, Bildungssaft (Cambium) und vor dieser Umgestaltung roher Nahrungssaft.

Nahrungssaft  
der Pflanzen.

Der Nahrungssaft ist farblos und durchsichtig, trübt sich aber an der Luft und enthält Zucker, Gummi, Pflanzenschleim, Extractiv-, Farb-, Bitter-, Gerb-, Eiweißstoff, freie Kohlen-, Essig-<sup>1)</sup> und Gerbsäure, doppeltkohlensauren Kalk, essigsaures Kali, saures, weinsaures, äpfel- und schwefelsaures Kali, Chlorkalium, bisweilen auch salpetersaures Kali, phosphorsaure Kalk-, Magnesia- und Ammoniaksalze in Wasser aufgelöst. In den Baumsäften betragen die festen Theile 2 bis 21 auf 1000 Theile Wasser; so fand John im Frühjahr im Birken-saft 8,73 und Vauquelin im Safte der Weißbuche 2,11, in dem der Buche 20,919 und in dem der Ulme 10,67, Geiger im Rebensaft 5,3<sup>2)</sup>.

In 1000 Theilen des im Mai abgezapften Ulmensaftes fand Vauquelin 1,02 vegetabilische Materie, 8,89 essigsaures Kali und 0,76 kohlensauren Kalk; im November abgezapft 0,13 vegetabilische Materie, 8,29 essigsaures Kali und 0,50 kohlensauren Kalk, nebst Spuren von schwefelsaurem Kali und Chlorkalium.

Nicht bloß in verschiedenen Gewächsen, sondern auch in den verschiedenen Theilen eines und desselben Gewächses ist der Gehalt des Saftes an aufgelösten Stoffen verschieden. Unten im Stamme ist er wässriger, als höher oben. Knight fand den Saft des Maulbeerbaumes von 1,004, 3/4 Elle höher von 1,008 und 6 Ellen hoch von 1,012 specifischem Gewichte, ähnlich bei einer Birke.

Im Sommer ist der Saft wässriger, als im Winter. Der Saft der Drupaceen ist besonders reich an Gummi. Der des Ahorns und der Birke enthält im Frühjahr so viel Zucker, daß man den abgezapften Saft zur Darstellung von Zucker verwendet. Im ersteren ist es gemeiner, im letzteren Krümelzucker. Vom April bis September enthält der (Rufbaum-) Saft keinen Zucker mehr.

Die Quantität des Saftes ist weit beträchtlicher in den jungen Theilen, wo die Vegetation am thätigsten ist, in den jungen Trieben, Blättern und Knospen, als im Holze, beträchtlicher in krautartigen, als in Baumgewächsen. Erstere bestehen gewöhnlich zu 1/2, letztere zu 1/3 ihrer Masse aus Wasser.

1) Nach Jordan (Scherer's Journ. V. 331) röthete jedoch der Saft der Birke und Hainbuche in ganz frischem Zustande blaue Pflanzenfarben nicht, sondern erst, nachdem er in einem offenen Gefäße an der Sonne gestanden.

2) Die Resultate von den Untersuchungen dieser Baumsäfte sind in Rechner's „Resultaten der bis jetzt unternommenen Pflanzenanalysen, Leipzig, Bock 1829“ zusammengestellt.

Der Wassergehalt verschiedener Holzarten wurde von Schübler, Reuffer und Rumford ermittelt. Sie erhielten nachstehende Resultate:

	frisch gefällt	lufttrocken nach Rumford
Traubeneiche, <i>Quercus Robur</i> . . . . .	34,7	16,64
Stieleiche, <i>Quercus pedunculata</i> . . . . .	35,4	
Weißer Weide, <i>Salix alba</i> . . . . .	50,6	
Buche, <i>Fagus sylvatica</i> . . . . .	39,7	18,56
Ulme, <i>Ulmus campestris</i> . . . . .	44,5	18,20
Heinbuche, <i>Carpinus Betulus</i> . . . . .	18,6	
Lärche, <i>Pinus Larix</i> . . . . .	48,6	
Kiefer, <i>Pinus sylvestris</i> . . . . .	39,7	
Ahorn, <i>Acer Pseudoplatanus</i> . . . . .	27,0	18,63
Eiche, <i>Fraxinus excelsior</i> . . . . .	28,7	
Birke, <i>Betula alba</i> . . . . .	30,8	19,38
Vogelbeerbaum, <i>Sorbus aucuparia</i> . . . . .	28,3	
Ebeltanne, <i>Pinus Abies</i> . . . . .	37,1	17,53
Rothtanne, <i>Pinus picea</i> . . . . .	45,2	
Mehlbeerbaum, <i>Crataegus torminalis</i> . . . . .	32,2	
Roskastanie, <i>Aesculus Hippocastanum</i> . . . . .	38,2	
Erle, <i>Betula Alnus</i> . . . . .	41,6	
Linde, <i>Tilia europaea</i> . . . . .	47,1	18,97
Schwarzpappel, <i>Populus nigra</i> . . . . .	51,8	
Espe, <i>Populus tremula</i> . . . . .	43,7	
Italien. Pappel, <i>Populus italica</i> . . . . .	48,2	19,55
Saalweide, <i>Salix caprea</i> . . . . .	60,0	

Der Wassergehalt ändert sich ferner nach der Jahreszeit, er nimmt gegen den Frühling wohl um  $\frac{1}{2}$  zu, im Winter aber ab.

Geschlagenes und gespaltenes Holz hat nach 1 Jahre noch 20—25 Procent Wasser, welches unter den günstigsten Umständen nicht unter 12—10 Procent fällt, eine Wassermenge, welche auch das künstlich getrocknete Holz an der Luft wieder annimmt. Auch nach 30jährigem Austrocknen hat es noch immer 10—15% Feuchtigkeit. Nach dem Gewichte hat feuchtes Holz  $\frac{2}{3}$  weniger Werth, als trockenes, dem Volum nach aber hat 1 Klafter grünes Holz und 1 Klafter lufttrockenes den nämlichen Werth für den Consumenten, welcher es erst vor dem Gebrauche trocken werden lassen kann.

Den Absonderungsaft oder die sogenannten eigenthümlichen Säfte (*succi proprii*) kommen in zusammenhängenden durch die ganze Pflanze laufenden Räden oder Höhlen (*Secretionsbehältern*), oder in den sogenannten Milchgefäßen vor, welche durch Erguß der Säfte aus den benachbarten Zellen, in welchen sie abgesondert wurden, durch Erweiterung von Interzellulargängen entstanden, oder werden in den Zellen, worin sie abgesondert wurden, auch zugleich aufbewahrt, wo diese dann Drüsen heißen. Sie sind zum Theil durchsichtig, zum Theil nicht und enthalten

Absonderungs-  
saft der  
Pflanzen.





# Analysen von Holz- und Bindenaufzügen.

[illegible]

## Streumaterialien analysiert von Sprengel.

100 Gemischtheile der unverbrannten Asche enthalten:	Koggen- stroh	Stauben- laub	Eichen- laub	Birnen- laub	Zammen- nadeln	Kiefern- nadeln	Sunges Gebläut
Kieflerke	2,297	1,612	1,515	0,260	0,836	0,175	0,362
Geilreide	0,178	3,458	2,307	4,786	1,290	0,504	0,518
Waldreide	0,012	0,407	0,188	0,500	0,078	0,164	0,094
Geil	0,032	0,048	0,001	1,552	0,440	0,297	0,094
Geat	0,011	0,001	0,001	0,198	0,196	0,364	0,200
Heumede	0,025	0,075	0,065	0,048	0,016	0,060	0,045
Wangenauz	0,025	0,075	0,065	0,048	0,016	0,060	0,045
Geilreide	0,170	0,129	0,091	0,061	0,074	0,049	0,102
Geilreide	0,051	0,440	0,130	0,660	0,192	0,204	0,015
Geilreide	0,017	0,0	0,0	0,224	0,127	0,060	0,095
Geilreide	2,793	6,685	4,496	8,491	3,150	1,744	1,958

Destillation von einander trennen kann. Die Lerche liefert 18—25, die Strandkiefer 12 Procent Terpentινό. Mehrere ätherisches Öl liefernde Pflanzen finden sich unter den krautartigen Gewächsen. Die Kalmuswurzel gibt 0,35, die Valerianwurzel 0,9 Procent. Am häufigsten führen es die Wurzeln der Dolbengewächse.

Wenige deutsche Holzarten enthalten Farbstoffe, das Holz des Berberitzenstrauchs liefert einen gelben, die Zweige der Heide einen pomeranzgelben Farbstoff, die Wurzeln von Comarum palustre, Asperula tinctoria, cynanchica und odorata und die von Galium boreale, mollugo, sylvaticum u. einen rothen Farbstoff.

Aus 100 Theilen eines goldbiden lufttrockenen Astes der Weisstanne (*Pinus picea*) erhielt ich:

Wachs und Fett . . . . .	0,222
Terpentin . . . . .	0,277
In Weingeist lösliches Harz . . . . .	0,560
In Weingeist und Wasser löslichen Extraktivstoff nebst Chlornatrium . . . . .	0,220
In kaltem Wasser löslichen Extraktivstoff nebst Gummi, welcher beim Verbrennen 0,273 Asche hinterließ . . . . .	0,051
In kochendem Wasser löslichen Extraktivstoff, welcher . . . . .	0,194
Asche lieferte . . . . .	0,833
Pektin . . . . .	0,138
Faserstoff . . . . .	74,609
Wasser . . . . .	22,000

In 100 Theilen eines 5 Zoll dicken lufttrockenen Astes der Rothbuche fand ich:

Wachs und Fett . . . . .	0,075
In Äther und Weingeist lösliches Harz . . . . .	0,133
In Weingeist lösliches Harz . . . . .	0,341
In Weingeist und Wasser löslichen Extraktivstoff nebst Chlornatrium . . . . .	0,791
In kaltem Wasser löslichen Extraktivstoff nebst Gummi, welcher beim Verbrennen 0,458 Asche hinterließ . . . . .	1,412
In kochendem Wasser löslichen Extraktivstoff, welcher . . . . .	0,250
Asche lieferte . . . . .	0,677
Pektin . . . . .	0,290
Faserstoff . . . . .	78,281
Wasser . . . . .	18,000

Im Faserstoff bleiben die im Wasser unlöslichen Salze zurück und werden durch verdünnte Salpetersäure aufgelöst, welche zugleich noch etwas organische Substanz mit auszieht. So entzog dieselbe dem durch Äther, Weingeist und Wasser erschöpften Faserstoff des Buchenholzes noch 1,250 % (vom Gewichte des angewendeten Holzes), welche aus 0,729 organischer und 0,521 anorganischer Substanz (Kalk, Eisen- und Manganverbindungen) bestanden.

In der Wurzel des Sauerdorns (*Berberis vulgaris*) fanden Buchner und Herberger:

Wachs . . . . .	0,4
Fett . . . . .	0,6
Harz . . . . .	20,4
Berberin . . . . .	17,6
Gummi . . . . .	1,4
Stärke . . . . .	Spuren
Äpfelsaure und phosphorsaure Salze	3,4
Holzfasern . . . . .	31,2
Asche . . . . .	2,6
Feuchtigkeit und Öl . . . . .	22,0

Die Farbe des Holzes ist entweder graulich und bräunlich weiß, gelblich, röthlich, rothbraun, braun, grünlich u. nach Holzart, Alter, Standort, Boden und Feuchtigkeit. Das jüngere Holz, besonders im freien, trockenen Stande ist heller als das ältere, in dichterem Stande und auf feuchteren Stellen gewachsene. Physische Eigenschaften des Holzes.

Nach dem Austrocknen in der Wärme ist das Holz ein Nichtleiter der Electricität, leitet sie dagegen wieder, wenn es der Luft ausgesetzt Feuchtigkeit aus derselben anzieht, vermöge seiner Porosität und der darin befindlichen hygroskopischen Substanzen. Durch Überziehen des trockenen Holzes mit Firniß wird dies verhindert.

Obgleich das Holz auf dem Wasser schwimmt, ist doch sein specifisches Gewicht größer als das des Wassers, da ein in den luftleeren Raum gebrachtes Stück Holz sogleich unter sinkt. Die Ursache dieser scheinbaren Leichtigkeit liegt in der großen Zahl seiner mit Luft gefüllten Poren, woraus die Luft erst nach sehr langer Zeit durch Wasser verdrängt wird. Die specifischen Gewichte der bekannteren Holzarten sind folgende: Specifisches Gewicht des Holzes.

	im gewöhnlichen lufthaltigen Zu- stande	im wasser- und luftfreien Zustande nach Kopp
(Kork) . . . . .	0,240	0,33
Pappel, gemeine . . . . .	0,387	
Rothtanne . . . . .	0,472	
Linde . . . . .	0,499	1,13
Eiche . . . . .	0,500	
Kiefer, Pin. sylv. . . . .	0,550	
Roskastanie . . . . .	0,551	
Eibeltanne, P. Abies . . . . .	0,555	1,16
Ceder . . . . .	0,561	
Lärche . . . . .	0,563	
Ulme . . . . .	0,568	
Cypresse . . . . .	0,598	
Alhorn . . . . .	0,645	
Buche . . . . .	0,650	1,27

	im gewöhnlichen lufthaltigen Zu- stande	im wasser- und luftfreien Zustande nach Kopp
Nußbaum . . . . .	0,660	1,17
Eiche . . . . .	0,670	
Weißbuche . . . . .	0,728	1,29
Birnbaum . . . . .	0,732	1,23
Apfelbaum . . . . .	0,733	1,20
Birke . . . . .	0,738	
Weißbörn . . . . .	0,671	
Zwetschke . . . . .	—	1,22
Pflaume . . . . .	0,872	1,23
Kiefer, frisch . . . . .	0,912	
Buchbaum . . . . .	0,942	
Rahagoniholz . . . . .	1,06	
<del>Brasilienholz . . . . .</del>	<del>1,13</del>	
Eichenholz, altes . . . . .	1,170	
Ebenholz, schwarzes . . . . .	1,187	
„ grünes . . . . .	1,210	
Holzfasern . . . . .	1,500	

Vgl. auch unter „Bestimmung des Brennwerthes des Holzes.“

Die specifischen Gewichte des nassen Holzes sind S. 411 angegeben.

Die Versuche von Chevandier und Berthelm ergaben folgende Resultate für das specifische Gewicht:

	Bei 20% Feuch- tigkeit:	Coefficient der Vermin- derung des specifischen Gewichts für eine Feuch- tigkeitsverminderung von 1%
Pappel . . . . .	0,477	0,00386
Lanne . . . . .	0,493	0,01026
Kiefer . . . . .	0,559	0,01056
Erle . . . . .	0,601	0,00410
Espe . . . . .	0,602	0,00230
Ahorn . . . . .	0,671	0,80363
Maulbeerbaum . . . . .	0,692	0,00423
Eiche . . . . .	0,697	0,00501
Acarie . . . . .	0,717	0,00555
Weißbuche . . . . .	0,756	0,00743
Sommereiche . . . . .	0,808	0,00412
Birke . . . . .	0,812	0,00422
Rothbuche . . . . .	0,823	0,00486
Steineiche . . . . .	0,872	0,00427

Der Unterschied des specifischen Gewichtes des Holzes im frisch gefüllten und lufttrockenen Zustande ergibt sich aus folgender Tabelle:

Gewicht eines Wiener Kubfußes nach Wiener Pfunden

	frisch gefällt	lufttrocken	frisch	halb- trocken	dürr
<b>Traubeneiche, Quercus Robur</b>	1,0754	0,7075			
<b>Stieleiche, Quercus pedunculata</b>	1,0494	0,6777	68,83	57,90	44,87
<b>Weißer Weide, Salix alba</b>	0,9859	0,4873			
<b>Buche, Fagus sylvatica</b>	0,9822	0,5907	64,89	49,89	38,90
<b>Ulm, Ulmus campestris</b>	0,9476	0,5474	61,84	49,78	35,91
<b>Hainbuche, Carpinus Betulus</b>	0,9452	0,7695	61,92	55,87	50,91
<b>Lehrchenbaum, Pinus Larix</b>	0,9205	0,4735			
<b>Kiefer oder Fichte, Pinus sylvestris</b>	0,9121	0,5502	56,54	43,86	30,89
<b>Ähorn, Acer Pseudoplatanus</b>	0,9036	0,6592	59,87	49,89	43,41
<b>Eiche, Fraxinus excelsior</b>	0,9036	0,6440	59,87	49,83	42,39
<b>Birke, Betula alba</b>	0,9012	0,6274	58,86	49,95	40,93
<b>Vogelbeerbaum, Sorbus aucuparia</b>	0,8993	0,6440			
<b>Eibeltanne, Pinus Abies</b>	0,8941	0,5550	58,86	47,86	35,91
<b>Rothtanne, Pinus picea</b>	0,8699	0,4716			
<b>Kehlbeerbaum, Crataegus torminalis</b>	0,8633	0,5910			
<b>Kostastanie, Aesculus Hippocast.</b>	0,8614	0,5794			
<b>Erle, Betula Alnus</b>	0,8571	0,5001	55,87	42,90	29,93
<b>Linde, Tilia europaea</b>	0,8170	0,4390	53,89	39,91	28,92
<b>Schwarzpappel, Populus nigra</b>	0,7795	0,3656			
<b>Espe, Populus tremula</b>	0,7654	0,4302	49,89	37,94	25,93
<b>Italien. Pappel, Populus italica</b>	0,7634	0,3931			
<b>Saalweide, Salix caprea</b>	0,7155	0,5289	47,69	39,95	34,82

Bei 118° C. getrocknet (gebacken) hat das Holz im Durchschnitte ein specifisches Gewicht von 1,49 bis 1,50. An der Luft zieht es indeß wieder so viel Wasser an, als es im lufttrockenen Zustande besaß.

Das specifische Gewicht ändert sich nicht allein bei verschiedenen Holzarten, sondern auch bei einem und demselben Holze nach den verschiedenen Theilen des Baumes, nach Witterung, Jahreszeit und Standort. Revierförster Berner hat diese Abweichungen genauer am Buchenholze studirt. Er gibt hierüber Folgendes an:

Alles Buchenholz, sowohl das ganz frische, als das ganz dürr besigt im oberen Stammtheile und dem Asttraume ein größeres Gewicht, als im Stammende, d. h. einige Fuß über dem Wurzelstocke. Der Gewichtsunterschied zwischen gleichen Holzmassen ist aber um so bedeutender, je älter und dicker die Bäume werden, und namentlich haben alle Bäume und Baumtheile ziemlich in dem Verhältnisse, in dem sie einen größeren Durchmesser besitzen, ein leichteres Holz.

Das specifische Gewicht richtet sich ferner nach Standort und Jahreszeit. Bei sonst gleichen Umständen, d. h. gleichem Alter und Dicke ist alles in lichtem, trockenem und sonnigen Standort gewachsene Buchenholz schon grün oder frisch merklich schwerer als das in dichtem Schlusse und schattigen Stellen aufgewachsene. Das auf hohen Bergen und magerem Boden, also langsamer gewachsene ist schwerer, als schnell gewachsenes. Vom November bis März ändert sich das Gewicht des Buchenholzes nicht, aber vom März bis zum Ausbruche des Laubes steigt sein Gewicht merklich, nimmt aber gleichen Schrittes mit der Vollenbung der Belaubung allmählig wieder so weit ab, daß es Ende Mai und Juni und weiterhin wahrscheinlich nicht schwerer ist, als im Winter. In der letzten Zeit vor dem Laubausbruche wird der Unterschied des specifischen Gewichtes in den verschiedenen Theilen des Baumes merklich kleiner.

Die Gewichtsunterschiede steigen und fallen an einem und demselben Stamme nie ganz regelmäßig, sondern in mancherlei Sprüngen.

Gewichte eines Casseler Kubitusfußes von 95—110jährigem Buchenholze auf Sandsteinboden bei etwa 1200 Fuß abf. Höhe im Hochwaldschlusse und in ebenen, oder auch westlichen und nördlichen Lagen, zu 12—16 Zoll Durchmesser und 80—100 Fuß Scheithöhe, — erwachsen, ferner in Rundstücken sammt der Rinde sogleich nach dem Fällen gemessen, berechnet und gewogen, späterhin aber aufgespalten und an der Luft getrocknet. Die Gewichtszahlen bezeichnen Kölner Pfunde.

Höhe über dem Boden in Fuß	Im December gefällt und grün gewogen	Auf gleichem Standorte				Ein 110jähriger, 22" dicker Randbaum auf Basaltboden, im Febr. frisch gewogen
		Im April gefällt und grün gewogen	Im 1. Mai im Laub gefällt und grün gewogen	Der letzte Stamm bis Ende August in der Luft getrocknet	Einige St. nach 8 Tagen in der Sonne gedürrt	
6	49,3	45,5	50	40,8	—	46,4
12	48,8	45,4	49,6	39,9	—	47,1
18	49,6	46,7	49,5	40,6	38,5	48,4
24	51	45,6	48,3	38,8	—	49,4
30	52,4	44,2	50,5	39,5	—	51
36	52,9	47	48,9	37,9	—	52,5
42	52,9	45,5	50,8	39,1	—	—
48	53,6	47,5	50,1	38,6	—	54,5
54	53,9	46,8	50,1	39,6	—	—
60	53,8	fehlt	52,2	42,1	41,5	—
66	55,1	44,5	53,2	43,2	42,5	—
72	—	45,7	52,5	42,2	—	—
—	—	45,3	—	—	—	—
—	—	47	—	—	—	—
Mittel	52,1	45,9	50,5	40,2	—	49,9

Die Espe besitzt unter einer großen Anzahl Laubhölzern die bemerkbarste Gewichtszunahme nach Oben und zwar wie 29 : 33 und mehr. Die einheimischen Nadelhölzer fand Oberforstmeister Gall ebenfalls nach Oben im Gewichte zunehmend, besonders die Weißtanne und Fichte<sup>1)</sup>.

1) Nach Chevandier ist bei trockenem Laubholz die Schwere am bedeutendsten beim Stammholz, weniger bedeutend beim Stangenholz und am geringsten beim

Die Dichtigkeit des Holzes ergibt sich einestheils aus der Struktur, wenn sich die Holzfasern durch ihre Feinheit und vollkommene Verbindung untereinander und durch vollständige Kammerfüllung auszeichnen, wie das Holz von Birnen, Elsbeere, Horn, Weißdorn, Eiben, anderntheils aus der Dichtigkeit der Holzfaser selbst. In dieser Beziehung zeichnet sich unter den inländischen Holzarten das Eichenholz aus. Sehr dicht sind: Eibe, Hainbuche, Apfel, Elsbeere, Cornellirsche; mittelmäßig dicht: Eiche, Buche, Ulme, Horn, Esche, Birke; nicht dicht: Nadelhölzer, Pappeln, Weiden, Linden, Erlen. Da die Dichtigkeit mit dem specifischen Gewichte zusammenhängt, so sind Splint, junges Holz und Holz von nassem Boden weniger dicht, als anderes.

Dichtigkeit  
des Holzes.

Die Dichtigkeit vermindert sich im Allgemeinen mit der Austrocknung und proportional derselben. Bezeichnet man mit  $d$  und  $d'$  die Dichtigkeiten bei den Feuchtigkeitsgraden  $h$  und  $h'$ , wobei  $h$  größer sein soll als  $h'$ ; mit  $c$  den Coefficienten der Dichtigkeitsveränderung für einen Wasserverlust von 1% und mit  $H$  die Differenz  $h - h'$ , so erhält man  $d' = d(1 - cH)$ .

Mit dem specifischen Gewichte steht ferner auch die Härte in geradem Verhältnisse. Sehr hart ist daher die Buche, hart die Eiche, mittelmäßig hart die Birke und Esche, weich die Nadelhölzer und die Linde, am härtesten sind an einem und demselben Holze die knotigen Stellen, weil daran die Fasern am meisten gedrängt sind.

Die Festigkeit des Holzes besteht in der Kraft, womit es einer auf seine Zerreißung oder Zerbrechung wirkenden Gewalt widersteht. Der darauf angebrachte Druck wirkt entweder auf die Mitte eines an beiden Enden unterstützten Holzstückes, oder senkrecht auf ein senkrecht stehendes Stück Holz als Säule, oder spiralförmig über die Oberfläche, wie bei Mühlwellen. Man bestimmt die einwirkende Kraft durch angebrachte Gewichte. Metalle lassen sich nach allen Richtungen, das Holz aber nur nach den Längsfasern zerreißen, wohl aber in horizontaler Richtung zerbrechen.

Muschelbrock verschaffte sich von dem zu prüfenden Holze vierseitige Stäbe von  $\frac{7}{100}$  Zoll Durchschnitt im Quadrat, hängte sie an einem Ende auf, befestigte an das abwärts hängende Ende eine Wagschale, in welche er so lange Gewichte legte, bis das Stäbchen zerriß.

Die Festigkeit gewisser Holzarten ist sehr bedeutend, indem eine Stange von Buchen-, Eichen- oder Eschenholz ein fast ebenso schweres Gewicht, ohne zu zerreißen, trägt, als eine Stange Silber von gleichem Durchmesser.

Astholz. Beim Nadelholz dagegen findet fast das umgekehrte Verhältniß statt. Hier ist das Stangenholz das schwerste und das Astholz schwerer als das Stammholz. Das Laubholz erleidet nämlich beim Alterwerden Veränderungen, die denen des Nadelholzes entgegengesetzt sind. Beim ersteren verstopfen sich die Zwischenräume der Holzfasern, während sie sich beim letzteren entleeren, die darin enthaltenen Harzstoffe verlieren.



Die Festigkeit wächst fast in allen Fällen mit der Verminderung des Wassers und zwar in einem ziemlich starken Verhältniß, doch ist letzteres zu veränderlich, um es in einen bestimmten Ausdruck fassen zu können. Wird das Holz künstlich bis auf 10 % Wasser ausgetrocknet, so bricht es so leicht, daß sich keine genauen Versuche über seine Festigkeit anstellen lassen.

Ruschenbroek hat auf die oben angegebene Weise gefunden, daß Stäbe nachstehender Hölzer zerreißen durch folgende Gewichte:

Buchenholz	durch ein Gewicht von	1250 Pfund
Eichenholz	" " " "	1250 "
Eichenholz	" " " "	1150 "
Linden- und Erlenholz	" " " "	1000 "
Ulmenholz	" " " "	900 "
Föhrenholz	" " " "	700 "
Tannenholz	" " " "	6—650 "
Fichtenholz	" " " "	5—650 "

Leslie gibt in seinen Elements of Natural-Philosophy folgende Resultate seiner Untersuchungen über die Festigkeit des Holzes, und zwar in der ersten Columne nachstehender Tabelle, nach angehängten Gewichten, in der zweiten nach der Länge in englischen Fuß an, in welcher ein einen Quadrat Zoll dicker Stab durch seine eigene Schwere zerreißen würde. Die dritte Columne drückt die Elasticität des Holzes durch die auf Längentheile bezüglichen Zahleneinheiten aus:

	Festigkeit in		Elasticität
	Pfunden	Fuß	
Eiche . . . . .	14130	42080	4617000
Teichholz (indianische Eiche) .	12915	36049	6040000
Rothtanne, norwegische . .	12346	55500	8118000
Lerche . . . . .	12240	42160	5096000
Buche . . . . .	12225	38940	4180000
Eiche, gemeine . . . . .	11880	32900	4150000
Ulme . . . . .	9720	39050	5680000
Ahorn . . . . .	9630	35800	3860000
Kiefer von Remel in Rußland	9540	40500	8292000

Arbogold gibt <sup>1)</sup> folgende Tabelle:

	Festigkeit in	
	Pfunden	Fußen
Stahl . . . . .	29000000	8675000
	bis	
	30000000	
Schmiedeeisen . . . . .	24920000	7550000
Gusseisen . . . . .	18400000	5750000
Schiefer von Wallis . . . . .	15800000	13240000
Weißer Marmor . . . . .	2520000	2150000
Rothtanne . . . . .	2016000	8330000
Weißtanne . . . . .	1830000	8970000
Eiche . . . . .	1700000	4730000
Esche . . . . .	1640000	4790000
Fichte oder Kiefer . . . . .	1600000	8700000
Mahagoni . . . . .	1596000	6570000
Buche . . . . .	1340000	4600000
Ulme . . . . .	1340000	4680000
Lerche . . . . .	1074000	4415000
Fischbein . . . . .	820000	1415000
Elei . . . . .	720000	146000

Nach den Zerreiungsversuchen von Chevandier und Berthelm ergeben sich folgende Zahlen für die Festigkeit der Hölzer:

Acacie . . . . .	7,93
Espe . . . . .	7,20
Ulme . . . . .	6,99
Esche . . . . .	6,78
Sommereiche . . . . .	6,49
Raulbeerbaum . . . . .	6,16
Steineiche . . . . .	5,86
Erle . . . . .	4,54
Birke . . . . .	4,30
Lanne . . . . .	4,18
Thorn . . . . .	3,58
Rothbuche . . . . .	3,57
Weißbuche . . . . .	2,99
Kiefer . . . . .	2,48
Pappel . . . . .	1,97

Für die Widerstandsfähigkeit, welche die Materialien auern, wenn sie durch eine Kraft gewunden werden sollen, etwa wie bei (Windmden) Mhlwellen die auf das Rad gerichtete drehende Kraft auf die Welle ber an den Enden unbeweglich gemachten Welle wirkt und endlich das

Widerstand  
des Holzes  
gegen  
Torsion.

1) Practical Essay on the strength of cast Iron. London 1824.

Zertheilen derselben veranlassen würde, (s. oben') folgende Zahlen der Pfunde:

Buchsbaum, alt und sehr trocken . . . . .	30000
Acacie, nicht ganz trocken . . . . .	28293
Hainbuche (Weißbuche) nicht vollkommen trocken . . . . .	26411
Ähorn (Lenne) zum Theil gegen- oder quersaserig . . . . .	23947
„ gemeiner . . . . .	22900
Kirschbaum . . . . .	22800
Kostastanie . . . . .	22205
Buche, gemeine . . . . .	21243
Apfelbaum . . . . .	20397
Eiche . . . . .	20300
Eiche, englische . . . . .	20000
Kastanie, süße . . . . .	18360
Birnbaum . . . . .	18115
Birke . . . . .	17250
Eiche, Danziger . . . . .	16500
Erle, quer- oder gegenfaserig . . . . .	16221
Fichte von Memel . . . . .	15000
Eiche, im Moorgrund gefunden . . . . .	14500
Eberesche oder Vogelbeerbaum . . . . .	13339
Flöhre (Weißflöhre) . . . . .	13700
Fichte von Petersburg . . . . .	13000
Eiche, Hamburger . . . . .	12000
Fichte, eine andere Petersburger . . . . .	10500

Berechnung  
der Festigkeit  
eines gegebenen  
Holz-  
stückes.

Soll nach diesen Zusammenstellungen die Festigkeit eines Holzstückes, z. B. einer Stange, berechnet werden, so ist vor Allem der Quadratinhalt ihrer Durchschnittsfläche zu ermitteln. Diese sei z. B. bei einer Stange von Eichenholz =  $24 \square''$ , so verhält sich die in Ruschenbroek's Versuchen angenommene Durchschnittsfläche von  $0,0729 \square''$  zum Zerreißungsgewichte des Eichenholzes nach Ruschenbroek:  $1250 = 24 : x$  und  $x = 1250 \cdot 24$

$0,0729 = 41152,26$  Pfund. Soll bei demselben Holze für eine gegebene Last z. B. = 20000 Pfund, die nöthige Stärke des Holzes berechnet werden, so ist  $1250 : 0,0729 = 20000 : x$  und  $x = 0,729 \cdot 20000$   
 $1250 = 1,166 \square''$  d. h. bei dieser Stärke würde die Stange zerreißen, sie muß also eine noch 1mal oder 2mal so starke Durchschnittsfläche erhalten.

Tragkraft des  
Holzes in ver-  
ticaler Rich-  
tung.

Für den Fall, wo Holz als Bauholz in senkrechter Stellung verwendet wird, gelten für dessen Tragkraft folgende Sätze:

1) Hölzer von gleicher Länge, aber ungleicher Dicke, tragen Gewichte, die sich verhalten wie das doppelte Quadrat ihrer Dicke.

2) Hölzerne Ständer tragen weniger, im Verhältniß des umgekehrten Quadrats ihrer Länge. Ein 4mal längerer trägt 16mal weniger. Also je kürzer und dicker der Stamm, um so mehr vermag er zu tragen. Er trägt mehr, wenn die Kante höher, als breit ist.

Um Hölzer auf den Widerstand zu prüfen, welchen sie einer Kraft leisten, die den Bruch durch Wirbelbewegung der sich trennenden Theile bewirkt, legt man vierkantige Hölzer mit ihren Enden auf Unterlagen und beschwert dann den hohlliegenden Theil so lange mit Gewichten, bis der Bruch erfolgt. Wenn die Festigkeit des Eichenholzes = 1 ist, so ist nach Ruskendroef die vom

Kragkraft  
des Holzes in  
horizontaler  
Richtung.

Buchenholz	= 1,177
Erlenholz	= 1,000
Ulmenholz	= 0,916
Fichtenholz	= 0,823
Tannenhholz	= 0,780

Die Festigkeit der Hölzer steht daher nicht immer im geraden, sondern oft im umgekehrten Verhältniße mit dem specifischen Gewichte.

Unter Zähigkeit des Holzes versteht man die Eigenschaft desselben, Zähigkeit. sich, ohne zu zerbrechen, hin und her biegen und drehen zu lassen. Sie ist bei jeder Holzart verschieden. Junge, weiche, grüne Hölzer sind biegsamer, als harte, alte, trockene. Hölzer aus nassem Boden sind Anfangs zähe, trocken aber zerbrechlicher. Durch Aufweichen im Wasser und Erwärmen wird die Zähigkeit des Holzes sehr erhöht. Im Allgemeinen ist z. B. die Ulme zähe, weniger die Birke und brüchig die Erle und Pappel. Nach Pfeil ist das Verhältniß

der starken Hölzer	der schwachen Hölzer
Ulme . . . 1,00	Bandweide 1,00
Hainbuche . . 0,80	Hasel . . 0,95
Lerche . . . 0,80	Birke . . 0,90
Eiche . . . 0,77	Eiche . . 0,85
Weide . . . 0,75	
Föhre und Fichte 0,65	

Die Elasticität des Holzes oder sein Vermögen, die veränderte Elasticität. Lage seiner Theile durch eigene Kraft wieder einzunehmen, ermittelt man, indem man den zu prüfenden Balken mit dem einen Ende in horizontaler Lage in einer Mauer befestigt, das freie Ende mit Gewichten belastet und den Winkel mißt, bis zu welchem er hinabgezogen wird. Je tiefer sich der Balken hinabziehen läßt, ohne zu brechen, desto zäher; je vollkommener er nach Wegnahme des Gewichtes in seine vorige Lage zurückkehrt, um so elastischer ist sein Holz.

Im Herbst und Winter (aber im ungefrorenen Zustande) und in der Jugend sind die Holzarten gewöhnlich elastischer, als in der Saftzeit und im höheren Alter, und überhaupt im trockenen Zustande elastischer, als im frischen. Pfeil gibt für die Elasticität der Hölzer folgende Verhältnisse:

Ulme . . . . .	1,00
Lerche . . . . .	0,95
Fichte . . . . .	0,95
Tanne . . . . .	0,86
Kiefer . . . . .	0,86
Eiche . . . . .	0,86
Espe . . . . .	0,70
Buche . . . . .	0,70
Schwarzpappel . . . . .	0,60
Eiche . . . . .	0,47
Weide . . . . .	0,38

Chevandier und Berthelm geben nachstehende Zahlen für die Grenze der Elasticität:

Acacie . . . . .	3,188
Espe . . . . .	3,082
Ahorn . . . . .	2,715
Steineiche . . . . .	2,349
Rothbuche . . . . .	2,317
Kaulbeerbaum . . . . .	2,303
Tanne . . . . .	2,153
Eiche . . . . .	2,029
Ulme . . . . .	1,842
Erle . . . . .	1,809
Kiefer . . . . .	1,633
Birke . . . . .	1,617
Pappel . . . . .	1,484
Weißbuche . . . . .	1,282

Spaltigkeit  
des Holzes.

Die Spaltigkeit des Holzes besteht in der Eigenschaft, bei Einwirkung eines Keils auf die Grundfläche, sich der Länge nach zu trennen. Es läßt sich um so leichter spalten, je weniger dicht das Gefüge überhaupt und je stärker die Elasticität und Festigkeit der Holzfasern ist im Verhältnisse zu ihrem seitlichen Zusammenhange. Daher ist zähes, nicht elastisches Holz schwer spaltbar, und verdorbenes Holz, bei dem die Festigkeit der Holzfasern sehr geschwächt ist, bricht oft, statt zu spalten, seitwärts aus.

Gutspaltig sind: Nadelhölzer, Rothbuche, Erle und Eiche.

Mittelmäßig: Hainbuche, Ahorn, Esche, Espe und Birke.

Schlecht: Ulme, besonders die glatte, Schwarzpappel u.

Dauer.

Die Dauer des Holzes oder der Widerstand gegen die auf seine Zerstörung wirkenden Einflüsse ist ebenfalls verschieden nach Holzart, Alter, Standort und der Art dieser Einflüsse. Luft und Feuchtigkeit, welche selbst aus der Luft vom Holze begierig aufgesogen wird, sind hierbei am thätigsten und das Holz ist um so dauerhafter, je vollkommener es gegen diese Einflüsse geschützt wird, denn es tritt mit dem Aufhören der Lebenskraft unter die Gesetze der zerstörenden chemischen Verwandtschaft, es unterliegt

der Fäulniß und Verwesung, der Saft kommt ins Stocken, es verliert Härte, Festigkeit und Zähigkeit, Schwämme setzen sich an und verschiedene Insekten vollenden die Zerstörung.

Einige Holzarten sind besonders dauerhaft im Freien, andere im Wasser und wieder andere im Trocknen. Das Splintholz ist weniger dauerhaft, als Kern- und junges Holz, und letzteres weniger dauerhaft, als Kernholz. Reifes Holz und das von mittlerem Alter ist dauerhafter, als das ganz alte oder junge. Langsam und an freien, trockenen Standörtern erwachsenes ist dauerhafter, als das unter entgegengesetzten Verhältnissen aufgewachsene. Im Trocknen befindliches Holz ist um so dauerhafter, je vollkommener es von seinen Safttheilen befreit wurde. Das Holz wird um so leichter zerstört, je öfter Nässe und Luft abwechselnd darauf einwirken. Harzige Holzarten sind unter sonst gleichen Umständen dauerhafter, als gleich weiche Hölzer mit schleimigen Säften. Im Saft gehauenes und sogleich entrindetes und ausgetrocknetes Holz, besonders der Splint, scheinen vorzugsweise an Dauer zu gewinnen. Grünes Holz sogleich mit Ölfarbe angestrichen, fault daher frühzeitig.

Die Dauer der Hölzer in der Erde hängt vom Boden ab, sie ist am größten im Thon und am geringsten im Sande und Humusboden, da letztere wegen ihrer Porosität den Einfluß der Luft unter Mitwirkung von Feuchtigkeit am meisten begünstigen. In trockenem Boden verhält es sich daher wie in freier Luft, in nassem Boden wie in steter Nässe. Pfeil gibt über die Dauer der Hölzer folgende Verhältniszahlen an:

Holzarten	In abwechselnder Trockenheit und Feuchtigkeit beim freien Luftzuge	In steter Nässe	In steter Trockenheit	Bemerkungen
	Verhältniszahlen			
Eichen, splintrein . . . . .	100	100	100	Eichen dauern im Trock- nen 300, Tanne 4— 500, Lerche 500 Jahre, im Wasser die Eiche <sup>1)</sup> , Erle und Lerche ewig, Fichten nur halb so lange als Eichen im Trock- nen <sup>2)</sup> . Eine niedere Wasserschicht indessen durchdringt der Sauer- stoff der Luft und zer- stört das Holz.
Almen . . . . .	90—100	90	100	
Kiefern, alte, harzige . . . .	85	100	90	
Lerchen, ausgewachsene . . .	85	80	95	
Bergfichten, alte . . . . .	75	—	—	
Eichen . . . . .	64	—	—	
Kiefern, 80—100 Jahr alt . . .	60	80	60	
Buche, Ahorn und Hainbuche .	60	70	40	
Fichten, 80—100 Jahr alt aus der Ebene . . . . .	50—60	50	75	
Espe . . . . .	50	—	95	
Erle . . . . .	40	100	38	
Birke . . . . .	40	—	38	
Pappel und Linde . . . . .	30	—	60—70	
Weide . . . . .	30	—	60—70	

1) Einer der Pfeile, welche den Grund der alten Brücke zu Lancaster bilden, wurde vor kurzer Zeit herausgenommen und war noch ganz frisch, obgleich er wenigstens 900 Jahre im Wasser gestanden hatte (Allgem. Forst- u. Jagdzeitung. 1839. S. 428).

2) Kürzlich wurden in der Linné'schen Societät zu London Stücke Holz vorgelegt aus dem von den Spaniern im Jahre 1750 erbauten Linienschiffe Gibraltar.

Wasseranzie-  
hungsfähig-  
keit, Schwin-  
den und  
Austrocknen  
des Holzes.

Die Wasseranziehungsfähigkeit beruht zum größten Theile auf chemischer Verwandtschaft. Sowohl der vertrocknete Saft, als die Holzfasern, ziehen Wasser aus der Luft an. (Vgl. S. 401.) Letztere quellen dadurch auf und vergrößern das Volum des Holzkörpers, der nach dem Verluste der Feuchtigkeit in gleichem Verhältnisse wieder eintrocknet (schwindet), seine Form verändert (sich wirft) und stellenweise sogar aufreißt. Dieses Eintrocknen dauert so lange, bis sich die im Holze zurückgebliebene Wassermenge mit dem Feuchtigkeitszustand der Luft ins Gleichgewicht gesetzt hat. Das Schwinden richtet sich also nach dem Wassergehalt des Holzes und nach dem Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre, weshalb es kein genaues Schwindemaß geben kann. Das Quellen und Schwinden ist übrigens im Allgemeinen stärker bei harten und schweren Holzarten, als bei weichen, sie reißen und werfen sich leichter als letztere und zwar vermindern erstere ihr Volum überhaupt aus dem grünen Zustande bis in den trockenen etwa um 12, und bis in den gedörrten um 18%, während die weichsten Holzarten nur 5—6% verlieren.

Aus den Versuchen von Weissbach ergaben sich folgende Resultate für das Anschwellen und die Wassereinsaugung des Holzes:

Das Anschwellen des Holzes, wenn es in Wasser gelegt wird, erfolgt innerhalb der ersten zwei Monate. Nach dieser Zeit erleidet das Volum keine bedeutende Veränderung mehr. Das Einsaugen des Wassers und die daraus entspringende Gewichtsvermehrung dauert jedoch viel längere Zeit, wenigstens erst nach 6 Monaten wird diese Zunahme unmerklich. Das Maximum des Einsaugens und das des Anschwellens verhalten sich mehrere Jahre lang ziemlich unverändert und muthmaßlich so lange, als eine innere Veränderung, z. B. Fäulniß des Holzes, nicht vorgeht. Das nach mehrjährigem Liegen im Wasser mit diesem geschwängerte Holz nimmt bei späterem Trocknen so ziemlich das erste Volum und Gewicht wieder an.

Die weiteren speciellen Resultate sind in folgender Tabelle enthalten:

---

Das dazu verwendete Holz war von der Pechtanne (*Pinus picea*) und westindischen Cedar (*Cedrela odorata*) und zeigte sich so gesund, wie frisch gefälltes Holz (Allgem. Forst- u. Jagdzeitung. 1838. S. 128).

Tabelle über die Wasseranziehungsfähigkeit des Holzes.

Holzarten	Trocken			Ein Achteljahr im Wasser			Vier Achteljahr im Wasser			9, 16 und 25 Achteljahre im Wasser			Zunehmen nach 1—3jährigem Liegen im Wasser		
	Volumen in Kubikcentimetern	Gewicht in Gramm	Spezifisches Gewicht	Volumen in Kubikcentimetern	Gewicht in Gramm	Spezifisches Gewicht	Volumen in Kubikcentimetern	Gewicht in Gramm	Spezifisches Gewicht	Volumen in Kubikcentimetern	Gewicht in Gramm	Spezifisches Gewicht	Volumenzunahme in %	Gewichtzunahme in %	Zunahme des spezifischen Gewichte
Aborn 1	235	175	0,686	279	292	1,047	279	325	1,166	279	327	1,172	9,4	87	71
Aborn 2	632	413	0,653	673	714	1,061	673	772	1,147	677	772	1,140	7,1	87	75
Aepfelbaum	396	267	0,674	434	425	0,979	437	476	1,089	439	496	1,130	10,9	86	68
Aixe 1	613	366	0,581	643	531	0,826	644	592	0,919	645	633	0,981	5,2	78	69
Aixe 2	611	404	0,661	660	622	0,942	660	731	1,107	660	728	1,103	8,0	80	67
Birke 1	328	312	0,591	563	562	0,977	563	611	1,085	565	616	1,090	7,0	97	85
Birke 2	623	388	0,623	673	612	0,910	671	717	1,068	678	740	1,091	8,8	91	75
Birnbaum	301	195	0,648	324	314	0,970	325	368	1,132	327	373	1,141	8,6	91	76
Rothbuche 1	656	416	0,634	715	650	0,909	716	794	1,109	718	822	1,155	9,5	99	82
Rothbuche 2	610	463	0,762	676	663	0,981	676	779	1,153	676	797	1,179	10,8	71	55
Rothbuche 3	647	428	0,661	710	655	0,922	715	836	1,169	718	836	1,164	11,0	95	76
Rothbuche 4	1162	828	0,730	1282	1270	0,990	1287	1488	1,156	1293	1514	1,117	11,3	79	53
Rothbuche 5	2201	2060	0,710	3173	3370	1,062	3241	3526	1,088	3246	3446	1,062	11,8	67	50
Rothbuche 6	3274	2310	0,706	3594	3502	0,975	3610	3803	1,053	3632	3760	1,035	10,9	63	41
Rothbuche	351	436	0,781	617	677	1,097	617	693	1,123	622	699	1,124	12,9	60	44
Eiche 1	1248	936	0,750	1316	1238	0,941	1322	1385	1,048	1338	1496	1,118	7,2	60	49
Eiche 2	380	239	0,629	406	357	0,879	406	420	1,035	418	458	1,117	7,9	91	78
Eiche 3	315	215	0,682	335	312	0,931	335	371	1,108	338	396	1,171	7,3	84	72
Eiche 4	624	403	0,646	654	579	0,885	650	709	1,079	658	768	1,167	5,5	91	81
Eiche 5	2655	1843	0,694	2755	2346	0,816	2803	2629	0,939	2815	2356	0,850	6,0	60	51
Erie 1	426	180	0,423	453	349	0,770	455	463	1,022	455	473	1,040	6,8	163	146
Erie 2	603	303	0,503	631	560	0,883	631	699	1,101	638	715	1,121	5,8	136	123
Eiche	620	433	0,700	664	606	0,911	664	697	1,050	666	736	1,109	7,5	70	58
Nichte 1	1230	541	0,440	1295	781	0,603	1295	959	0,741	1300	1050	0,808	5,7	94	84
Nichte 2	1250	470	0,376	1311	720	0,549	1311	927	0,707	1314	1082	0,823	5,1	130	119
Nichte 3	1222	844	0,398	1266	1234	0,546	1266	1581	0,698	1269	1803	0,794	5,2	114	100
Nichte 4	1221	614	0,402	1614	887	0,550	1614	1152	0,714	1614	1386	0,859	6,1	126	113
Nichte 5	3118	1462	0,469	3284	2021	0,616	3303	2389	0,723	3303	2522	0,761	5,9	75	62
Nichte 6, halbtrocken	2563	1388	0,541	2628	1691	0,643	2618	1991	0,765	2619	2198	0,839	2,2	58	55
Nichte 7, frisch	2624	2022	0,794	2543	2360	0,900	2533	2469	0,945	2535	2356	0,930	0,4	23	22
Nichte	374	127	0,463	387	282	0,729	389	321	0,825	392	349	0,890	4,8	102	92
Kiefer	1954	1127	0,577	2105	1781	0,846	2124	1986	0,930	2137	2123	0,993	9,4	88	72
Kieferbaum	2683	1643	0,612	2861	2754	0,963	2944	3224	1,095	2946	3236	1,098	9,8	97	79
Lärche	328	193	0,588	363	343	0,945	364	390	1,071	365	411	1,126	11,3	113	91
Pappel	821	290	0,353	884	804	0,910	889	912	1,026	891	910	1,021	8,5	214	189
Lanne 1	1238	612	0,494	1275	907	0,704	1275	1032	0,809	1283	1121	0,874	3,6	83	77
Lanne 2	2662	1313	0,505	2809	1925	0,685	2809	2249	0,801	2824	2553	1,904	7,2	94	79
Ulme	629	383	0,609	680	660	0,956	680	726	1,051	690	773	1,123	9,7	102	84

So verschieden auch die in dieser Tabelle enthaltenen Beobachtungsergebnisse sind, so lassen sich doch einige allgemeine Verhältnisse daraus entnehmen. Nur einige Hölzer, wie die Pappel und Erle und nächst dem noch einige Fichtenhölzer, wovon das eine nur halb trocken und das andere ganz frisch ins Wasser gelegt wurde, weichen in ihren Wassereinsaugungsverhältnissen von den übrigen bedeutend ab. Es lassen sich zwei Hauptgruppen, nämlich die der Laub- und die der Nadelhölzer bilden, weil die Gewichte derselben bei einem vollkommen mit Wasser gesättigten Zustande beträchtlich von einander abweichen. Während das mittlere spezifische Gewicht der mit Wasser gesättigten Laubhölzer 1,11 ist, beträgt das der Nadelhölzer nur 0,84.

Holzarten	Spezifisches Gewicht		Zunahme in Procenten		
	trocken	naß	des Volums	des absoluten Gewichts	des spezifischen Gewichts
Laubholz	0,650	1,110	8,8	83	69
Nadelholz	0,453	0,839	5,5	102	94
Fichtenholz	0,680	1,125	6,8	77	66
Rothbuchenholz	0,700	1,119	10,9	79	60
Pappelholz	0,353	1,021	8,5	214	189



Das Laubholz schwillt also stärker an, als Nadelholz. Am meisten unter den hier untersuchten Hölzern nimmt aber das Pappelholz auf, welches dabei sein specifisches Gewicht fast verdreifacht. Diese Resultate stimmen nahe mit denen von Laves überein. Dieser fand z. B. das ganz mit Wasser gesättigte Eichenholz um 73 Procent schwerer, als im trockenen Zustande, während Weissbach's Tabelle 77% angibt. Nach Laves<sup>1)</sup> wäre die ganze Volumenausdehnung des Eichenholzes 10%, nach Weissbach nur 6,8, was auf Verschiedenheit des Eichenholzes und auf dem Umstande beruhen mag, daß Laves nur dünne Stäbchen anwendete.

Besonders stark reißt das Holz, namentlich das runde, bei schnellem Trocknen. Je mehr feste Bestandtheile das Holz außer dem Faserstoff besitzt, um so stärker wirkt es sich bei Feuchtigkeitsveränderungen der Luft. Am wenigsten schwindet das Holz nach der Längsrichtung der Fasern, auch weniger in der Richtung vom Mittelpunkte zu — bei rundem Holze — als nach jeder andern, also am stärksten in der Richtung, in welcher es am leichtesten spaltet, es bekommt daher auch in derselben die Trockenrisse.

Aus den Versuchen von Chevandier<sup>2)</sup> ergab sich das Minimum von hygrometrischem Wasser, oder das Maximum der Austrocknung (in einem vor Regen und Sonnenschein geschützten offenen Schoppen) durchschnittlich nach Verlauf von anderthalb Jahren bei den harzigen Hölzern (Tanne und Fichte), bei der Buche, beim Stammholz der Birke, Espe, Erle und den jungen Stämmchen der Espe. Dieses Maximum der Austrocknung wurde dagegen von der Eiche, Weißbuche, den Birken- und Espenzweigen und jungen Birken und Erlebstämmchen im Durchschnitt erst nach zwei Jahren erreicht. Über zwei Jahre die Versuche auszudehnen, hielt Chevandier nicht für nothwendig wegen der bei den meisten Holzarten eintretenden Veränderungen, welche darauf hindeuten scheinen, daß sie zwischen anderthalb und zwei Jahren nach der Fällung den höchsten Grad der freiwilligen Austrocknung erreichen und daß spätere Abweichungen dem Feuchtigkeitsgrad der Luft selbst nach der Jahreszeit und dem Augenblick, wo die Bestimmung des Wassergehalts stattfindet, zuzuschreiben sind.

Chevandier fand ferner, daß die harzigen Holzarten schneller austrocknen, aber auch schneller wieder Feuchtigkeit aufnehmen, als die Laubhölzer, und daß unter letzteren die weichen Holzarten (Birke, Espe, Erle, Weide) zur Zeit der Fällung in der Regel mehr Feuchtigkeit enthalten, als die harten (Buche, Eiche, Weißbuche), sie aber schneller wieder verlieren und vollkommener austrocknen.

Die den verschiedenen Holzarten zukommenden Mengen der hygrometrischen Feuchtigkeit nähern sich vom ersten Jahre nach der Fällung an

1) Vgl. Mittheilungen des Gewerbevereins f. d. Königreich Hannover. Jahrg. 1836—1837.

2) *Moniteur industriel* 1846. Nr. 1045 und von da *Dingler's polytechn. Journ.* Bd. 102. 1846. S. 70.

dermaßen, daß er folgende allgemeine Durchschnittszahlen annehmen zu können glaubt:

1) Nadelholz		2) Laubholz:	
Stammholz $\frac{1}{2}$ Jahr nach		Stammholz $\frac{1}{2}$ Jahr nach	
der Fällung . . . . .	29 Proc.	der Fällung . . . . .	26 Proc.
Zweige . . . . .	32 "	Zweige . . . . .	34 "
Junge Stämmchen . . .	38 "	Junge Stämmchen . . .	36 "
Stammholz im Zustande		Stammholz im Zustande	
der größten Trockenheit	15 "	der größten Trockenheit	17 "
Zweige . . . . .	15 "	Zweige . . . . .	20 "
Junge Stämmchen . . .	15 "	Junge Stämmchen . . .	19 "

Diese Zahlen dürften indeß wohl als Minima zu betrachten sein, weil die untersuchten Proben einzeln schnell und leichter austrocknen mußten, als auf einem Holzplatz aufgeschichtete Stücke.

Der Boden und dessen Lage haben nach Chevandier nicht den geringsten Einfluß auf die Menge des hygrometrischen Wassers im Holze.

Je früher das Holz nach der Fällung in Bretter geschnitten und diese dann zu Möbeln u. verarbeitet werden, desto mehr ziehen sich die Bretter in der Breite zusammen, daher das Springen und furchtbare Krachen solcher Geräthe und frischer Zimmerböden, namentlich bei starker Heizung, das Rinnen der zur Aufbewahrung von Flüssigkeiten bestimmten Gefäße, wenn sie leer der Einwirkung von Luft und Sonne ausgesetzt sind.

Abgestorbenes Holz trinkt sich, wie die Tabelle S. 411. zeigt, im Wasser so stark mit Flüssigkeit, daß es schwerer wird, als es im lebenden, saftigen Zustande war, weil die dort mit Luft gefüllten Theile nun auch vom Wasser durchdrungen werden, es wird daher endlich schwerer, als Wasser, und sinkt darin unter, verliert seine auflösblichen Theile und schwindet dann beim Wiederaustrocknen stärker als zuvor.

Nach den Versuchen von Chevandier und Berthelm mit verschiedenen Hölzern aus den Vogesen (vgl. S. 405), besitzt das Acacienholz die ausgezeichnetsten physikalischen Eigenschaften. Es vereinigt die größte Festigkeit und Elasticität mit bedeutender Härte und langer Dauer. Es könnte daher dieses bis jetzt noch wenig angewendete Holz vermöge dieser Vorzüge eine weit ausgedehntere Benutzung finden, namentlich für Eisenbahnschwellen, da es schnell wächst und in jedem Boden fortkommt. Man könnte sogar Acacien auf den Abhängen der Bahndämme und dem wüsten Terrain in der Nähe der Eisenbahnen, also unmittelbar am Orte der Verwendung ziehen. Das Laub derselben ist als Surrogat des Kiees empfohlen worden.

*Allgemeine  
übersicht der  
physikalischen  
Eigenschaften.*

Die Lanne steht in der Elasticität der Acacie nach, und ihre Festigkeit ist nicht groß, aber doch hinreichend zu einer Anwendung, wo ein großer elastischer Widerstand bei geringem Gewichte verlangt wird. Die geringe Elasticität und Festigkeit nach der Richtung des Querschnittes machen hingegen das Lannenholz für solche Fälle weniger empfehlenswerth, wo es sich um Widerstand gegen Zug oder Druck handelt. Da übrigens die

kräftigsten Holzfaserschichten an der Peripherie sind, so wird dieses Holz besser in seiner natürlichen Gestalt, als, wie gewöhnlich, vierkantig angewendet und bei geschnittenen Stücken sind die äußersten die stärksten.

Obgleich das Eichenholz keine mechanische Eigenschaft im höchsten Grade besitzt, so vereinigt es sie doch alle noch in ziemlich hohem Maße, wodurch es zu fast allen Anwendungen geschickt wird. Den Vorzug, welchen man gewöhnlich dem Kernholz vor dem Splint und dem unteren Theile vor dem Wipfel und jungem Holze vor altem gibt, fanden Chevaudier und Berthelm durch ihre Versuche bestätigt.

Weißbuche, Rothbuche und Birke stehen in der Festigkeit und, mit Ausnahme der Rothbuche, auch in der Elasticität der Eiche nach, besitzen dieselben aber nach der Quere in bedeutendem Grade, würden sich daher vortheilhaft zu Schwellen und Radzähnen eignen, wenn man ihre Dauer, unbeschadet den mechanischen Eigenschaften, sichern kann.

Kiefer und Föhre haben unter allen Hölzern, bis auf die Pappel, die geringsten Zahlenwerthe. Dies ist auffallend, weil man sie, wenigstens in Bezug auf Elasticität, der Kiefer und Tanne gleich setzt, oder letzterer selbst vorzieht.

Die mechanischen Eigenschaften wachsen stetig und zuweilen in sehr starkem Verhältniß vom Kern nach dem Splint zu bei der Tanne unabhängig vom Alter des Baumes, bei der Kiefer, Weißbuche, Esche, Ulme, Ahorn, Maulbeere, Espe, Erle und zum Theil bei der Acacie. Diese Vermehrung scheint bei harzigen Hölzern und solchen, deren Schichten stets dem Wasser durchdringlich bleiben, unabhängig vom Alter des Baumes zu sein. Bei allem Eichen- und Birkenholz zeigt sich eine Vergrößerung der mechanischen Eigenschaften vom Kern bis zum dritten Theile des Halbmessers, von da aber eine Abnahme bis zum Splint. Bei Rothbuchen findet man eine Vergrößerung dieser Eigenschaften bei jungen Stämmen, eine Verminderung bei älteren. Wahrscheinlich wird bei den Hölzern, wo die alten Jahreschichten zu dichtem Holze verwachsen, durch diesen Prozeß das Verhältniß der mechanischen Eigenschaften modificirt.

Bei jeder Jahreschicht allein genommen findet eine Abnahme ihrer mechanischen Eigenthümlichkeiten mit der Höhe des Baumes statt. Ebenso verhält es sich in der Richtung rechtwinkelig gegen die Ase des Baumes.

Für den ganzen Stamm kann daher bei den Holzarten, bei welchen sich die schwächsten Schichten an der Peripherie befinden, nur eine Abnahme der mechanischen Eigenschaften mit der Höhe des Baumes eintreten, wie z. B. beim Eichenholz. Bei anderen Holzarten kann sich aber eine Verminderung, Gleichheit oder Vergrößerung dieser mechanischen Eigenschaften zeigen, je nach dem Verhältniß, welches zwischen der Abnahme dieser Eigenschaften vom Kern nach dem Splint und zwischen der Abnahme der Schichten von der Wurzel nach dem Wipfel stattfindet<sup>1)</sup>.

1) Näheres hierüber s. in den Comptes rendus 1846. 23. S. 663—674; polytechn. Centralbl. 1847. S. 147—157.

Verhalten  
des Holzes zu  
chemischen  
Reagentien.

Vom Chlor wird das Holz gebleicht, schneeweiß, aber nicht aufgelöst. Von concentrirter Schwefelsäure wird es in der Kälte in Gummi, und beim Verdünnen und Kochen mit Wasser in Traubenzucker umgewandelt. Läßt man kalte concentrirte Schwefelsäure mit Eichenholz eine Stunde lang stehen, so färbt sich die Flüssigkeit rothbraun und ist in Wasser löslich. Nach 14—18 Stunden ist die Farbe dunkler und es werden auf Zusatz von Wasser braune Flocken niedergeschlagen. Nach 36 Stunden ist die Flüssigkeit schleimig, braun und läßt auf Zusatz von Wasser braune Flocken fallen, welche, gewaschen, sich größtentheils in Ammoniakflüssigkeit lösen. Überschüssiges Kali fällt die Auflösung in Flocken, welche bei 90 bis 95° C. zu einer eiweißartigen Masse zusammenschmelzen. Bei noch längerer Einwirkung der Schwefelsäure wird das Holz zuletzt in eine schwarze gallertartige Masse verwandelt <sup>1)</sup>.

Ein Gemenge von concentrirter Schwefelsäure und Sägespänen entwickelt beim Erhitzen schweflige Säure, wird schwarz und entsteht zu einem Magma, welches beim Mischen mit Wasser nach Hatchett 0,438 seines Gewichtes kohlige, schwierig verbrennbare Substanz unaufgelöst zurückläßt. Concentrirte Salpetersäure färbt das Holz gelb und verwandelt es nach einiger Zeit in eine pulverige Masse, welche sich zuletzt, unter Verwandlung in Oxalsäure auflöst. Concentrirte Salzsäure wird durch Kochen mit Holz roth und später braun, das Holz aber schwarz, ohne sich aber in der Säure oder in reinem Wasser zu lösen und brennt nach dem Trocknen noch mit Flamme.

Verdünnte ätzende Alkalien wirken wenig auf Holz; werden aber Sägespäne mit einer sehr concentrirten Auflösung von gleichen Theilen Kalihydrat zusammengeschmolzen, bis die ganze Masse zu einer Flüssigkeit geworden, so entsteht unter Aufblähen und Entwicklung eines brenzlich riechenden Wassers eine braunschwarze Auflösung, welche Essigsäure und Oxalsäure enthält und woraus Säuren eine Substanz niederschlagen, die zunächst mit dem Dammerdeextract oder mit der aus Ruß in Alkali auflöselichen Materie übereinstimmt. Das Holz löst sich hierbei fast ohne Rückstand auf. Geschieht das Zusammenschmelzen bei Abschluß der Luft, z. B. in einer Retorte, so wird die Masse gelb und bildet mit ausgekochtem Wasser eine gelbe Auflösung, welche in der Luft Sauerstoff absorhirt und braun wird.

Verwesung  
des Holzes.

Unmittelbar nach dem Aufhören der Lebenskraft unterliegt das Holz wie alle übrigen organischen Körper einer allmäligen Zersetzung, welche je nach den Umständen auf dreierlei Art erfolgen kann. Die eine geht vor sich im befeuchteten Zustande bei ungehindertem Zutritte der Luft, die zweite bei Abschluß der Luft und die dritte unter Wasser, wenn sich das Holz dort mit faulenden Stoffen zusammen befindet.

1) Vgl. Payen, Ann. de Chim. et de Phys. 3. Sér. 16. S. 231—239, pharm. Centralbl. 1846. S. 331—333.

In trockener Luft oder unter Wasser erhält sich das Holz bekanntlich Jahrtausende ohne bedeutende Veränderung, wie die aus dem Grunde von Torfmooren aufgenommenen Baumstämme gezeigt haben, die darin wohl schon vor Anfang unserer Geschichte gelegen haben mögen, so wie die ägyptischen Mumientasten, wovon einige mit Sicherheit über 3000 Jahre alt geschätzt werden. In feuchtem Zustande in Berührung mit der Luft erleidet die Holzfaser sogleich eine Veränderung und geht unter Aufnahme von Sauerstoff und Entwicklung von Kohlensäure allmählig in eine gelbbraune, braune oder schwarze Materie von geringem Zusammenhang über. Es werden 2 Atome Sauerstoff aus der Luft aufgenommen und 1 Atom Kohlensäure nebst 2 Atomen Wasser gebildet. Kohlensäure, Wasser und Moder oder Humus sind sonach die Verwesungsprodukte des Holzes. Obgleich das Holz außer Faserstoff noch andere organische Stoffe enthält, die mit ihm der Zersetzung unterliegen, so ist doch ihre Menge so unbedeutend, daß man sie bei der Erklärung des Verwesungsprozesses unberücksichtigt lassen kann. Es handelt sich also dabei nur um die Holzfaser, welche nach Gay-Lussac in dem mit Wasser und Weingeist ausgezogenen, bei 100° C. getrockneten Eichenholze aus 52,53 Kohlenstoff und 47,47 Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältnisse, wie im Wasser besteht, und hiermit scheint auch die Zusammensetzung der Holzfaser aller übrigen bis jetzt untersuchten Holzarten übereinzustimmen.

Würde sich die Einwirkung des Sauerstoffs ausschließlich auf den Kohlenstoff des Holzes erstrecken, so müßte zuletzt aller Kohlenstoff verschwinden unter Zurücklassung der Elemente des Wassers. Da im Gegentheil der Kohlenstoffgehalt des verwesenden Holzes beständig zunimmt, so müssen außer dem Kohlenstoff durch die Kohlensäurebildung auch von den anderen Bestandtheilen ausgeschieden werden, nämlich die Bestandtheile des Wassers, wie dies auch die Untersuchung der Zersetzungsprodukte in den verschiedenen Stadien der Verwesung in der That ergibt. Folgende Formeln drücken diese Verhältnisse aus:

Eichenholz =  $C_{26}H_{44}O_{22}$  nach Gay-Lussac und Thénard.

Humus von Eichenholz =  $C_{26}H_{40}O_{20}$  nach Meyer.

„ „ „ =  $C_{21}H_{36}O_{18}$  nach Will.

Man sieht, daß immer für je 2 Äquivalente (4 Atome) Wasserstoff 2 Atome Sauerstoff und 1 Äquivalent Kohlenstoff von den übrigen Elementen abgeschieden werden.

Unter den gewöhnlichen Umständen erfolgt die Verwesung der Pflanzenfaser äußerst langsam, sie würde beschleunigt werden durch erhöhte Temperatur und ungehinderten Luftzutritt; sie wird verzögert durch Abwesenheit von Feuchtigkeit und Umgebung einer Atmosphäre von Kohlensäure, welche den Luftzutritt verhindert.

Schweflige Säure, überhaupt alle antiseptischen Mittel hindern die Verwesung der Pflanzenfaser und man hat den Quecksilbersublimat als das kräftigste Mittel gefunden, um das Schiffsholz, welches der abwechselnden

Einwirkung von Luft und Feuchtigkeit ausgesetzt ist, vor der Verwesung zu schützen.

Durch die Gegenwart der Alkalien und alkalischen Erden, welche die Sauerstoffabsorption auch bei Substanzen veranlassen, denen sie an und für sich abgeht, wird die Verwesung befördert, durch Säuren gehindert oder verzögert.

Im Lehm Boden erfolgt, ob er gleich die Feuchtigkeit am längsten zurückhält, die Verwesung am langsamsten, weil sein fester Zusammenhang den Luftzutritt verhindert.

Im Sandboden, namentlich wenn er mit kohlensaurem Kalk gemengt ist, schreitet die Verwesung am schnellsten voran unter Vermittelung der, wenn auch nur schwachen alkalischen Reaction des letzteren.

Denkt man sich die Verwesung des Holzes lang genug fortgesetzt, so muß von der Holzfaser  $= C_{36}H_{44}O_{22}$  nach Hinzunahme von  $H_{11}$  und  $O_{22} = 22$  (Wasser)  $H$  zuletzt nur noch reiner Kohlenstoff zurückbleiben, wie bei der Entstehung der Mineralkohlen.

So vollständig erfolgt aber diese Abscheidung unter den gewöhnlichen Verhältnissen nicht, weil mit der Zunahme des Kohlenstoffs im entstehenden Humus die Verwandtschaft dieses Kohlenstoffs zum Wasserstoff und Sauerstoff dem Streben nach Wasserausscheidung das Gleichgewicht hält.

Die Fähigkeit des Holzes, mit Flamme zu brennen, nimmt mit der fortschreitenden Verwesung ab, das verfaulte Holz verglimmt ohne Flamme, der noch vorhandene Wasserstoff scheint daher nicht mehr in der Form darin enthalten zu sein, wie im Holze. Krankes oder verfaultes Holz hat deshalb als Brennmaterial einen geringen Handelswerth.

Bei gehindertem Luftzutritte bildet das gefaulte Holz keine braune, sondern eine weiße oder graue Masse (vgl. S. 367), woraus Wasser neu-entstandene auflösliche Stoffe auszieht, die aber noch keiner Untersuchung unterworfen wurden.

Unter trockener Fäulniß versteht man die Zersetzung, welche in gehau- nem Holze selbst an einem trockenen luftigen Verwahrungsorte entsteht, wobei es spröde und untauglich wird, und dieser Zerstörungsprozeß, dessen Ursache man nicht gehörig kennt, pflanzt sich auch auf nebenliegendes frisches Holz wie durch Ansteckung fort und kann nur durch antiseptische Mittel verhütet werden.

Was die Theorie der Holzfäulniß betrifft, so ist dieselbe nach Hermann's Ansicht nicht so einfach, daß sie, wie Liebig annimmt, bloß in der Aufnahme von 2 Atomen Sauerstoff und Abscheidung von 1 Atom Kohlen- säure und 2 Atomen Wasser besteht, sondern es wird nach Hermann dabei auch Stickstoff aus der Luft aufgenommen und er suchte dies auch durch Versuche nachzuweisen. Nach seinen Beobachtungen nahm frisches Holz in den ersten 10 Tagen der Fäulniß bei  $24^{\circ} C.$  4 Raumtheile Stickstoff und 8 Sauerstoff auf unter Abscheidung von 16 Kohlen- säure,

Theorie der  
Holzfäulniß  
(Verwesung).

faules Holz dagegen in 5 Tagen bei 19° C. 1 Raumtheil Stickstoff und 8 Sauerstoff unter Abcheidung von ebenfalls 8 Kohlensäure.

2 Atome Stickstoff verbinden sich mit den Bestandtheilen des Holzes  $= C_{26}H_{11}C_{21}$  unter Absorption von 4 Atomen Sauerstoff und 2 Atomen Stickstoff zu 4 Atomen Wasser, 4 Atomen Kohlensäure und 1 Atom einer eigenthümlichen Substanz  $= C_{70}H_{70}O_{28}N_7$ , welche er Nitrolin nennt und die man daraus abscheiden kann, wenn man eine Abkochung von faulem Holze in kohlensaurer Kalilösung mit verdünnter Schwefelsäure fällt.

Aus dem Nitrolin entsteht nun bei fortschreitender Fäulniß ganz ebenso Ammoniak, wie bei der Fäulniß jeder anderen stickstoffhaltigen organischen Substanz und Holzhumus, welcher aus Humusäure und Humusertrakt besteht.

Frisch verfaultes Holz fand Hermann in 100 Theilen zusammengesetzt aus: Nitrolin 61,0, Holzhumusäure 21,0, Humusertrakt 17,5 und Ammoniak 0,5; faules Holz, in dem die Humusbildung weiter vorgeschritten war: Nitrolin 18,875, Holzhumusäure 53,625, Humusertrakt 26,500 und Ammoniak 1,000.

Nach Hermann sind daher bei der Fäulniß zwei ganz verschiedene Prozesse zu unterscheiden: die Nitrolinbildung und die Holzhumusbildung.

Der Holzhumus der ersten Analyse entspricht unter Zugrundlegung der Atomgewichte 9208,6 für Holzhumusäure und 4221,4 für Humusertrakt einer Verbindung von 1 Atom Humusäure, 2 Atomen Humusertrakt und 1 Atom Ammoniak. Der zweite Holzhumus enthält gleiche Atome aller drei Stoffe. Im ersteren Falle würden 5, im zweiten 4 Atome Nitrolin durch Absorption von 58 und resp. 56 Atomen Sauerstoff und 3 Stickstoff diese Resultate liefern können. In dem Versuche fand sich die Absorption des Stickstoffs zu 1 Volum Stickstoff auf 8 Vol. Sauerstoff als doppelt so groß, als hier verlangt wird. Wahrscheinlich entsteht also bei dieser Nitrolinzersehung viel mehr Ammoniak, etwa 3 Atome, wovon 2 verdunsten und nur eines beim Holzhumus bleibt. Es würden dann für den ersten Fall entstehen 1 Atom Holzhumusäure ( $C_{70}H_{70}O_{28}N_7$ ), 2 Atome Humusertrakt ( $C_{32}H_{32}O_{11}N_2$ ), 3 Atome Ammoniak, 26 Kohlensäure und 14 Wasser; für den zweiten aus 4 Nitrolin 50 O und 7 N 1 Holzhumusäure, 1 Humusertrakt, 3 Ammoniak, 26 Kohlensäure und 12 Wasser.

Vergleicht man die Bestandtheile des Ackerhumus mit dem Holzhumus, so scheint sich die Holzhumusäure unter Aufnahme von O und N und Wasserbildung in Humusquellensäure und Torfquellensäure, letztere aber wieder weiter in Torfquellensäure zu verwandeln. Bei dieser Ackerhumusbildung wirken gewiß die durch Verwitterung der Gebirgsarten frei werdenden Basen disponirend mit. So wäre eine ununterbrochene Kette von Holz durch Nitrolin, Holzhumus, Gartenerde, zu Ackererde nachgewiesen.<sup>1)</sup>

1) Erdmann's Journ. f. prakt. Chemie. 27. S. 165.

Nach Kulber hat man wohl zu unterscheiden zwischen der Verwesung bei ungehindertem und jener bei beschränktem Luftzutritt. Die obersten Schichten des Humus erleiden eine vollkommene Drydation unter Bildung von Kohlensäure, Wasser und Salpetersäure (nach vorhergegangener Bildung von Ammoniak). In den unteren Schichten erfolgt zwar auch eine Drydation, aber nur zum Theil, denn ein anderer Theil bildet die Produkte, welche im verschlossenen Raume aus organischen Substanzen entstehen. Nur wenig Kohlensäure entsteht und kein Ammoniak oxydirt sich zu Salpetersäure. Diese unteren Schichten enthalten zwar Luft, aber dieselbe erneuert sich nur langsam, der Sauerstoff wird ganz zur Bildung von Kohlensäure und Wasser gebraucht, der Stickstoff bleibt übrig.

Daraus erklärt sich auch, warum Holz und überhaupt organische Körper mit Luft abgeschlossen und einer bestimmten Temperatur ausgesetzt, im Allgemeinen weit schneller verfaulen und schimmeln, als wenn die Luft erneuert werden kann. Es entstehen weniger flüchtige Produkte, aber desto mehr fixe, wie Umin und Humusäure u., welche das Austrocknen verhindern und der kryptogamischen Vegetation eine hinreichende Nahrung bieten.

So wie der Stickstoff faulender Körper im Augenblicke seines Freiwerdens im Stande ist, sich mit dem Sauerstoff der Luft, bei Gegenwart von Basen, zu Salpetersäure zu vereinigen, so scheint auch der bei der Fäzung in den unteren Schichten entweichende Wasserstoff bei Gegenwart von Säuren (hier Kohlensäure) sich zu Ammoniak verbinden zu können. Das Ammoniak, welches man in allen porösen Mineralien findet, soll zwar von diesen aus der Luft condensirt sein, allein seine Abstammung ist ungezwungener aus dem Angeführten zu erklären.

Wird aber auch endlich dieses Ammoniak durch eine hinreichende Sauerstoffmenge zu Salpetersäure oxydirt, so wird diese wahrscheinlich sogleich wieder zur Drydation des humusfauren Ammoniaks in quellsassaures Ammoniak verwendet, während die Quellsassaure durch höhere Drydation sich in Quellsäure verwandelt. Berzelius sah wenigstens die Quellsassaure durch Einwirkung von Salpetersäure in Quellsäure übergehen.

Es ist nach den Versuchen von Berzelius, welcher aus Salpetersäure und Holzkohle quellsassaures Ammoniak bereitet hat, sehr wahrscheinlich, daß die Holzkohle, worin Pflanzen wachsen können, auf gleiche Weise Ammoniak aus Wasser und aus der abgeschlossenen Luft bilden könne und daß hierdurch Quellsassaure und Quellsäure entstehen können. Durch den Einfluß der Vegetation muß diese Veränderung befördert werden. Eine kleine Quantität Ammoniak aus organischen Substanzen aus den von den keimenden Pflanzen abfallenden Cotyledonen kann diesen Prozeß zuerst einleiten und dann derselbe durch die eingeschlossene feuchte atmosphärische Luft fortgesetzt werden. Es lassen sich daraus die 2 Procent Humusertract erklären, welche Buchner in der Holzkohle fand, die Lucas ein Jahr lang zum Pflanzenbau benutzt hatte.

Der völligen Verwesung der Pflanzenstoffe geht bisweilen bei Gegenwart von ziemlich vieler Feuchtigkeit und wenig Luft bei mäßiger Temperatur

Leuchtendes  
Holz.



eine Zersetzung voraus, welche eine Materie erzeugt, die wie Phosphor leuchtet, aber keinen Phosphor enthält, sondern aus einer leicht verbrennlichen Verbindung von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zu bestehen scheint.

Besonders häufig leuchtet Holz sowohl von Wurzeln als von anderen Theilen. Man hat es beobachtet beim Holze von *Quercus Robur*, *Fagus Castanea* und *sylvatica*, *Betula alba* und *Alnus*, *Corylus Avellana*, *Pinus Abies*, *P. Strobus*, *P. picea*, *P. sylvestris*, *Juglans regia* und einigen Weidenarten.

Das Holz leuchtet nur, wenn seine Zersetzung bei mäßiger Feuchtigkeit und fast abgehaltener Luft erfolgt ist, wo es weiß bleibt, denn bei zu vieler Feuchtigkeit und Luftzutritt zerfällt es, wie oben angegeben wurde, zu einem braunen Staube, welcher nicht leuchtet. Daher besonders unter der Erde gelegenes, namentlich im Safte gefälltes Holz und Wurzeln, am meisten der Faß, weil er besonders viel Saft enthält, wenn man sie an einem mäßig feuchten Orte aufbewahrt, nach einigen Tagen zu leuchten anfangen. Bei niedriger Temperatur ( $0^{\circ}$ ) leuchtet das Holz schwächer, aber länger, über 14 Tage. Siedendes Wasser zerstört das Leuchten für immer, Erhitzen des Holzes für sich bis  $100^{\circ}$  C. vernichtet es zwar auch, allein es kommt durch kaltes Wasser wieder zum Vorschein. Das Leuchten verschwindet beim Austrocknen; man kann es daher bis auf 14 Tage verlängern, wo es sonst nur 2—3 Tage dauert, wenn man das Holz in feuchtes Fließpapier einwickelt. Sauerstoffgas und luftleerer Raum ändern das Leuchten nicht; in Stickstoff-, Chlor-, Ammoniak-, Hydrochlor-, Kohlensäure- und Schwefelwasserstoffgas hört es nach einigen Minuten auf und erscheint dann an der Luft nur zum Theil wieder. Beim Leuchten wird etwas Sauerstoff verzehrt und Kohlensäure entwickelt.

Brennbarkeit  
des Holzes.

Wenn das Holz beim Zutritte der Luft einer die Glühitze erreichenden Temperatur ausgesetzt wird, so erleidet es wie alle organischen Körper eine von der Zersetzung desselben bei gewöhnlicher Temperatur, der Fäulniß, bedeutend abweichende Zersetzung, welche man mit Verbrennung bezeichnet und die bereits im allgemeinen Theile beschrieben worden ist. Die bei der Verbrennung frei werdende Wärme ist verschieden nach den bei der Verbrennung stattfindenden Umständen sowohl, als nach der Qualität des Holzes.

Unter Brennbarkeit oder richtiger Heizkraft versteht man daher die Eigenschaft des Holzes, während der Verbrennung eine größere oder geringere Menge brennbarer Stoffe abzugeben, welche eine gewisse Wärmemenge entwickeln, die nach der Höhe und Dauer des hervorgerufenen Hitzegrades bemessen wird.

Die Brenn-  
kraft hängt  
ab von der  
Trockenheit  
des Holzes.

Die zur Entzündung des Holzes nöthige Hitze wirkt bei grünem oder feuchten Holze überhaupt zuerst auf die Verdunstung des vorhandenen Wassers, welches zu seiner Verflüchtigung eine bedeutende Menge von Wärme absorbiert und nebstdem einen beträchtlichen Antheil von den Bestandtheilen des Holzes halb- oder gar nicht verbrannt als Rauch mit sich

forttreibt und dadurch der Verbrennung entzieht. Erst nach dieser Austrocknung liefert es entzündliche Gase, so daß es dann, wenn die Temperatur die erforderliche Höhe erreicht hat, ohne allen Rauch verbrennt, weshalb sich auch in den Kaminen stark geheizter Öfen, wie z. B. in den Töpferöfen der Kamin bei Holzfeuerung ganz ruffrei erhält. Es kann daher bei feuchtem Holze ebenso wie bei unvollkommenem Luftzuge nur eine unvollkommene Verbrennung stattfinden, bei welcher ein beträchtlicher Theil des Brennstoffs unbenutzt als Rauch entweicht. Außerdem ist die Heizkraft des nassen Holzes auch deshalb geringer, weil es langsamer verbrennt als dörres.

Dem Gewicht nach hat feuchtes Holz  $\frac{2}{3}$  weniger Werth, als trocknes. Dem Volum nach aber hat eine Klafter grünes Holz und eine Klafter lufttrockenes den nämlichen Werth für den Consumenten, welcher es vor dem Gebrauche erst trocken werden lassen kann.

Grünes Holz mit trockenem Holz oder Kohle gemischt soll mehr Brennkraft entwickeln als grünes Holz allein, weil hier das Wasser nicht durch die ganze Holzmasse verbreitet die Verbrennung nicht bloß nicht hindert, sondern sogar befördert, da das verdampfte Wasser vom Kohlenstoffe der schon entzündeten trockenen Holzstücke zerseht wird, so daß dann der Wasserstoff desselben sich damit zu Kohlenwasserstoff verbindet und dadurch die Masse der brennbaren Gase vermehrt wird.

Außer dem Wassergehalte hängt der Brennwerth vor Allem ab von dem Gehalte an brennbaren Bestandtheilen, d. h. von der Gesamtmenge der Hauptbestandtheile, da diese, wie oben (S. 384) angegeben wurde, in den verschiedenen Holzarten fast in ganz gleichen Verhältnissen zu einander stehen. Es steht daher der Brennwerth des Holzes so ziemlich in geradem Verhältnisse mit dem specifischen Gewichte. Weil aber ferner das specifische Gewicht wieder mit der Härte im Zusammenhange steht, so hat auch in der Praxis ein hartes Holz als Brennmaterial den Vorzug vor weichem Holze. Geflüßtes Holz erleidet durch den Verlust an auflöslichen brennbaren Theilen eine Minderung seines Brennwerthes, welche 20 Procent erreichen kann.

Die Brenn-  
kraft des  
Holzes steht  
in geradem  
Verhältnisse  
mit seiner  
Schwere

und

Die Dichtigkeit des Holzes hat aber noch einen anderen Einfluß auf das Verbrennen. Größere Porosität erleichtert den Luftzutritt, daher auch vollkommener Verbrennung, indem das Holz dabei fast vollständig in brennbare Gase (Kohlenwasserstoff und Kohlenoxyd) verwandelt wird, so, daß leichtes Holz mit starker Flamme und Hinterlassung von wenig Kohle brennt, während die dichteren Holzarten nur an der Oberfläche verbrennen, aus dem Innern werden die gasförmigen Produkte gleichsam abdestillirt, bis es endlich ganz verkohlt ist, wo sich dann eine starke Kohlenglut verbreitet. Die bei der Verbrennung entwickelte Wärme verbreitet sich theils als erwärmte Luft, theils als strahlende Wärme. Da aber die strahlende Wärme der Flamme  $\frac{1}{4}$ , die der glühenden Kohle aber  $\frac{1}{3}$  der ganzen entwickelten Wärmemenge beträgt, so müssen daher auch schwerere Holzarten

Dichtigkeit.

bei gleichem Volum mehr Wärme entwickeln als die leichten. (Vgl. auch S. 382, unten).

Die  
Brennkraft  
des Holzes  
hängt ab von  
Alter, Stand-  
ort, Holzgat-  
tung etc.

Holz von mittlerem oder reifem Alter besitzt, etwa mit Ausnahme der Eichen, Hainbuchen, Elzbeeren, Ahorn, Erlen, Saalweiden, Espen, etwas mehr Brennstoff als sehr junges und ganz altes Holz.

Das Stammholz liefert gewöhnlich mehr Brennstoff als Ast- und Reisfholz.

Im Freien und an Bergen erwachsenes Holz besitzt mehr Brennstoff als das im Schluffe und in der Ebene erwachsene.

Das im Winter gehauene Holz ist reicher an Brennstoff, als das im Saftte gehauene, aber ersteres flammt schlechter als letzteres.

Bestimmung  
des Brenn-  
werthes des  
Holzes.

Aus der Summe aller, sowohl während des Flammens, als während der Kohlenglut frei werdenden Wärme hat man die aus gleichen Massen verschiedener Holzarten unter gleichen Verhältnissen erhaltenen Wärmemengen, oder den Brennwerth derselben zu ermitteln gesucht nach der Wassermenge, welche durch die, aus dem abgewogenen und nach dem Kubikgehalt berechneten Holze entwickelte Wärme verdampft wird, nach dem höchsten Temperaturgrad, welchen das Wasser dabei annimmt, und nach der Zeit, in welcher beides geschieht, so wie nach der Dauer der Erwärmung überhaupt bis zum Verlöschen des Feuers. (Vgl. auch S. 423, 424 u. 428).

Folgende Tabelle gibt die Namen der Hölzer in der ersten Columne, ihre specifischen Gewichte nach Karmarsch in der zweiten, ihre chemische Zusammensetzung in der dritten. Die Hölzer waren Ende Winters gefällt und nach dem Pulvern bei 100° C. vom hygroskopischen Wasser befreit. Die vierte Columne gibt die Sauerstoffmenge an, welche die in 100 Theilen des Holzes enthaltenen Kohlenstoff- und Wasserstoffmengen zum vollständigen Verbrennen der Rechnung nach fordern, nach Abzug des im Holze selbst enthaltenen Sauerstoffs. Diese Columne drückt also den absoluten Brennwerth bei gleichem Gewichte aus. Die fünfte enthält die absoluten Brennwerthe des Holzes bei gleichem Volum.

1	2	3			4	5
Holzart	specifi- sches Gewicht	100 Theile enthalten aus zwei nahe übereinstimmen- den Analysen			Absoluter Brenn- werth für gleiche	
		Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Gewichte	Masse
Einde, <i>Tilia europaea</i> ..	0,559	49,408	6,861	43,731	140,523	78,552
Korkulme, <i>Ulmus sube- rosa</i> .....	0,568	50,186	6,425	43,389	139,408	78,982
Weißtanne, <i>Pinus Abies</i>	0,481	49,946	6,407	43,647	138,377	65,539
Lärche, <i>Pinus Larix</i> ....	0,565	50,106	6,310	43,584	138,082	77,916
Roskastanie, <i>Aesculus Hippocastanum</i> .....	0,551	49,977	6,714	44,209	138,002	76,039
Buchsbaum, <i>Buxus sem- pervirens</i> .....	0,942	49,368	6,521	44,111	137,315	129,349
Horn, <i>Acer campestre</i>	0,654	49,803	6,307	43,890	136,960	89,563
Kiefer, <i>Pinus sylvestris</i>	0,763	49,937	6,250	43,813	136,931	104,475
Tichte, <i>Pinus picea</i> ....	—	49,591	6,384	44,025	136,886	—
Pappel, <i>Populus alba</i> ..	0,387	49,699	6,312	43,989	136,628	52,874
Birnbaum, <i>Pyrus com- munis</i> .....	0,732	49,395	6,351	44,254	135,881	100,195
Walnuß, <i>Juglans regia</i>	0,660	49,113	6,443	44,444	135,690	89,555
Eiche, <i>Betula Alnus</i> ....	0,538	49,196	6,217	44,587	133,953	72,055
Weide, <i>Salix fragilis</i> ..	—	48,839	6,360	44,801	133,951	—
Eiche, <i>Quercus Robur</i>	0,650	49,432	6,069	44,499	133,472	86,756
Apfelbaum, <i>Pyrus Malus</i>	0,734	48,902	6,267	44,831	133,340	97,871
Eiche, <i>Fraxinus excelsior</i>	0,670	49,356	6,075	44,569	133,251	89,278
Birke, <i>Betula alba</i> ....	0,738	48,602	6,375	45,023	133,229	98,320
Kirschbaum, <i>Prunus Ce- rasus</i> .....	—	48,824	6,276	44,900	133,139	—
Acacie, <i>Robinia Pseud- acacia</i> .....	—	48,669	6,272	45,059	132,543	—
Pflaumenbaum, <i>Prunus domestica</i> .....	0,872	49,311	5,964	44,725	132,088	115,190
Weißbuche, <i>Carpinus Be- tulus</i> .....	0,728	48,533	6,301	45,166	132,312	96,322
Rothbuche, <i>Fagus syl- vatica</i> .....	7,725	48,184	6,277	45,539	130,834	94,853
Ebenholz, <i>Diospyrus Ebenum</i> .....	1,213	49,838	5,352	44,810	128,478	155,842

Wie wenig solche theoretische Bestimmungen vermöge des Einflusses der übrigen oben angegebenen Umstände bei der Verbrennung mit praktischen Versuchen übereinstimmen, ergibt die Vergleichung dieser mit der nächsten Tabelle. Es müßte bei diesen Berechnungen jedenfalls in Abzug kommen die Wärme, bei welcher die durch Verbrennung erzeugten Gase und der Wassergehalt des Holzes in die Luft austreten oder aufhören, einen Kühleffekt zu gewähren, so wie die Wärme, welche zur Verflüchtigung des hygrometrischen Wassers im Holze erforderlich ist. Da es ferner bei diesen Untersuchungen nicht allein auf die Menge der entwickelten Wärme ankommt, sondern auch auf die Höhe, Intensität derselben, so kann der Fall eintreten, daß ein Brennmaterial, welches eine größere Menge Wärme beim Verbrennen entwickelt, als ein anderes, doch eine geringere Wirkung macht, wo es darauf ankommt, einen bestimmten Hitzegrad zu erzeugen und anhaltend hervorzubringen. Es lassen sich daher Vergleichen über die Heizkraft verschiedener Brennmaterialien eigentlich nur für bestimmte Zwecke anstellen.

Bei diesen mit kleinen Portionen Material angestellten Versuchen wird in der Regel nicht berücksichtigt, daß von der Wärmesumme, sie mag groß oder klein sein, stets ein gewisser gleicher und nicht unerheblicher Wärmeverlust in Abzug kommt für die erste Anwärmung der nicht in die Bemessung genommenen Wände des Apparats und die fortdauernd von denselben stattfindenden Wärmeableitungen. Würde man, statt diese Versuche im Kleinen öfter zu wiederholen, den Apparat lieber mit demselben Material längere Zeit ununterbrochen im Feuer erhalten, so würde jener Verlust bis zur Unbedeutendheit verkleinert werden, während sonst die Wasserverdunstung hier immer nur halb so groß ausfällt, als sie bei anhaltender Feuerung zu sein pflegt. — Man kauft nur die relative Wärmemenge des Holzes und nicht die absolute, d. h. nur die, welche bei der Unvollkommenheit der gewöhnlichen Heizvorrichtungen benutzbar wird. Die aus diesen Versuchen erhaltenen Resultate stimmen daher mit der praktischen Erfahrung aus dem gemeinen Leben nicht überein und es stehen demnach die Marktpreise, als die zuverlässigsten Maßstäbe für den Gebrauchswerth damit keineswegs im Verhältniß.

Die folgende Tabelle enthält die Resultate der Versuche von Hartig und Werneck mit in der Ebene geschlossen erwachsenen Baumhölzern (Scheitholz) von mittlerem und haubarem Alter, im Winter gefällt und wohl ausgetrocknet. Sie sind nebst denen von Winkler und den schon oben (S. 383) gegebenen theoretischen von Petersen und Schöbdl mit den Marktpreisen des Scheitholzes nach dem Durchschnitte verschiedener Orte verglichen.

Brennbarkeitsverhältnisse nach gleichen Kubik- räumen Holzmasse	nach Hartig		nach Werneck	nach Winkler	nach Schöbdl und Petersen	nach Markt- preisen
	ursprüng- lich	dieselben corrigirt v. Liebhäber				
Buchenholz v. 120 Jahren	100	100	100	100	100	100
Traubeneiche	97	69	85	93	94	55—80
Stieleiche	91	75	84	—	—	—
Birke	86	97	85	81	81	70—80
Erle	57	23	53	—	72	50—60
Eiche	101	99	103	109	103	—
Ulme	87	85	91	93	94	—
Ahorn	115	102	104	104	105	—
Hainbuche	107	80	103	—	110	100
Espe	71	30	63	—	—	50—60
Saalweide	76	35	58	—	—	—
Weißtanne	70	33	70	80	83	—
Fichte	78	31	71	70	73	60—70
Kiefer	99	57	102	69	75	60—70
Lerche	71	38	77	—	75	—

Hartig's Ver-  
suche über die  
Brennkraft  
verschiedener  
Holzarten.

Zur besseren Veranschaulichung des Verfahrens bei der Bestimmung des Brennwerthes der Holzarten führe ich die Versuche von Hartig an, welche bei derlei Untersuchungen leiten können.

Er brachte einen 12 Zoll hohen, oben 16, unten 14 Zoll weiten, mit 45 Pfund jedesmal gleich kalten Wassers (bei möglichst gleichem Barometerstand) gefüllten kupfernen Kessel auf einen 10 Zoll dicken gemauerten

Ofen, 10 Zoll vom Herde entfernt. Das Schürloch war 10" breit und 6" hoch. Zwischen Kessel und Mauer, dem Schürloche gegenüber, war ein Zugloch angebracht, welches perpendicular in die Höhe ging. Hierauf wurde das dünne Holz, welches im grünen Zustande mit den übrigen zum Versuche bestimmten Brennstoffen gleiches Volum gehabt hatte, mit einer stets gleichen Menge Stroh angezündet. Nun beobachtete er, in welcher Zeit das Thermometer am höchsten stand, die Zeit des Brennens bis zum Verlöschen der Kohle, den Thermometerstand beim Verlöschen der Kohlen, wie viel Wasser dabei in 12 Stunden verdampft worden war, wie viel Asche das Holz ließ, ob es heftig oder stät brannte, viel rauchte, zum Ausgehen neigte, ob das Feuer prasselte, knisterte oder spritzte u.

Um das Wasser nicht zum Sieden kommen zu lassen, weil alsdann bei dem höchsten Wärmegrad des flüssigen Wassers alle Temperaturmessung aufhören muß, wendete er zu diesen Versuchen nie mehr als 200 Kubitzoll Holz an und suchte deshalb auch einen möglichst gleichen Barometerstand zu haben, weil die Verdampfung des Wassers von dem Luftdrucke abhängt. Ferner wurden die Versuche zu möglichst gleicher Jahres- und stets gleicher Tageszeit vorgenommen und das Feuer mit gleich dicken Stückchen Holz beständig gleich stark unterhalten. Das Holz war mit größter Vorsicht gewählt, berechnet und getrocknet. Er ließ es kurz vor Weihnachten, also außer der Saftzeit fällen, und sah so viel als möglich darauf, daß Boden und Lage, wo die Bäume wuchsen, von gleicher Beschaffenheit, der Stand gleich frei und das Alter verhältnismäßig hoch war. Von jedem Stamme wurde 4 Fuß über dem Waldhieb ein Stück Holz genommen, wovon jedes verhältnismäßig viel Kernholz und Splint enthielt und nach der genauesten Berechnung 200 rheinländische Kubitzoll betrug.

Diese Klöße und eben solche aus den Ästen von ausgewachsenen Stämmen und von anbrüchigem Holze wurden nach Frankfurter Schwergewicht abgewogen, in gleich dicke und gleich lange Scheite gehauen und so lange getrocknet, bis sie bei mehrmals wiederholter Untersuchung nichts mehr an Gewicht verloren, folglich den höchsten Grad von Trockenheit erlangt hatten. Hierauf wurden sie auf die angegebene Art verbrannt.

Außerdem untersuchte er mehrere Holzarten, die im Saft gefällt waren, um zu erfahren, welchen Unterschied dies bewirken würde. Folgende sind einige der wichtigeren Untersuchungen über die Brennbarkeit der meisten deutschen Waldhölzer:

1) Traubeneiche (*Quercus Robur*), Stammholz von einem 200jährigen Baume, bewirkte in 54 Minuten eine Hitze, welche das Wasser auf 77° C. brachte. In der nämlichen Zeit war das Holz vollständig verkohlt<sup>1)</sup>. Nach 3 Stunden erloschen die Kohlen, das Thermometer war bis auf 52° C. gesunken und nach 12 Stunden waren 4 Pfund 16 Loth

1) Bei allen Versuchen stand das Thermometer am höchsten, wenn die letzte Flamme aufblühte. Sobald das Flammfeuer aufhörte, blieb das Thermometer stehen und sank dann.

Wasser verdunstet. Die zurückgebliebenen Kohlen wogen  $7\frac{3}{4}$  Loth, die Asche  $\frac{3}{4}$  Loth.

Übrigens brannte das Feuer ziemlich lebhaft, doch prasselte die Flamme und die Kohlen neigten sich zum Erlöschen, wenn das Feuer nicht immer stark unterhalten wurde.

2) Stieleiche (*Quercus pedunculata*), Stammholz von einem 190jährigen Baume. In 45 Minuten stieg das Thermometer auf  $77^{\circ}$  C. und das Holz war vollständig verkohlt, die Kohlen erloschen nach 2 Stunden 45 Minuten, wo das Thermometer auf  $52^{\circ}$  C. stand, und nach 12 Stunden waren 4 Pfund 8 Loth Wasser verdampft. Die zurückgebliebene Kohle wog  $7\frac{1}{2}$  Loth, die Asche  $\frac{3}{4}$  Loth. — Das Verbrennen zeigte dieselben Eigenthümlichkeiten, wie Nr. 1.

3) Buche (*Fagus sylvatica*), Baumholz von einem 120jährigen Stamme, gab in 45 Minuten  $77^{\circ}$  Hitze. In 3 Stunden 45 Minuten erloschen die Kohlen und das Thermometer zeigte  $52^{\circ}$  C. Nach 12 Stunden waren 4 Pfund 8 Loth Wasser verdampft. Rückständige Kohlen  $4\frac{1}{2}$  Loth, Asche  $1\frac{1}{4}$  Loth.

Das Holz brannte sehr stät und heftig, ohne zu prasseln oder zu knistern, und war leicht in gleichförmigem Brande zu erhalten.

4) Hainbuche (*Carpinus Betulus*), Stammholz von 90 Jahren, gab in 50 Minuten  $80^{\circ}$  C. Hitze. In 3 Stunden 30 Minuten erloschen die Kohlen und das Thermometer stand auf  $43^{\circ}$  C. Nach 12 Stunden waren 5 Pfund 2 Loth Wasser verdampft. Rückständige Kohlen  $2\frac{1}{2}$  Loth, Asche  $\frac{1}{2}$  Loth.

Dieses Holz brannte vorzüglich heftig und gleichförmig.

5) Ahorn (*Acer Pseudoplatanus*), Stammholz von 100 Jahren, gab in 43 Minuten  $80^{\circ}$  Hitze. In 3 Stunden 45 Minuten waren die Kohlen erloschen und das Thermometer zeigte  $60^{\circ}$  C. Nach 12 Stunden waren 5 Pfund 10 Loth Wasser verdampft. Rückständige Kohlen  $1\frac{1}{4}$ , Asche  $1\frac{1}{4}$  Loth.

6) Linde (*Tilia europaea*), Stammholz von 80 Jahren, gab in 40 Minuten  $68^{\circ}$  Hitze. In 1 Stunde 45 Minuten waren die Kohlen bei einem Thermometerstande von  $57^{\circ}$  C. erloschen. Nach 12 Stunden waren 2 Pfund 24 Loth Wasser verdampft. Rückständige Kohlen 2, Asche  $\frac{9}{10}$  Loth.

7) Birke (*Betula alba*), Stammholz von 60 Jahren, gab in 50 Minuten  $71^{\circ}$  Hitze. In 3 Stunden 5 Minuten waren die Kohlen verlöscht bei  $50^{\circ}$  C. Nach 12 Stunden waren 3 Pfund 24 Loth Wasser verdampft. Rückständige Kohlen 3, Asche  $\frac{3}{4}$  Loth.

8) Erle (*Betula Alnus*), Stammholz von 70 Jahren, gab in 45 Minuten  $61^{\circ}$  Hitze. Die Kohlen erloschen nach 1 Stunde 50 Minuten bei  $50^{\circ}$  C. Nach 12 Stunden waren 2 Pfund Wasser verdampft. Rückständige Kohlen 4, Asche  $\frac{1}{2}$  Loth.

Die Flamme war dunkel und träge und das Feuer neigte oft zum Ausgehen, wenn es nicht stark war.

9) Espe (*Populus tremula*), Stammholz von 60 Jahren, gab in 40 Minuten  $61^{\circ}$  Hitze. Die Kohlen erloschen nach 2 Stunden 15 Minuten bei  $49^{\circ}$  C. Nach 12 Stunden waren 2 Pfund 10 Loth Wasser verdampft. Rückständige Kohlen  $2\frac{1}{2}$ , Asche 1 Loth.

Das Holz brannte sehr lebhaft, die Flamme knisterte und die Kohlen neigten etwas zum Erlöschen, wenn das Feuer nicht stark war.

10) Schwarze Pappel (*Populus nigra*), Stammholz von 60 Jahren, gab in 31 Minuten  $47^{\circ}$  Hitze. Die Kohlen erloschen in 2 Stunden bei  $42^{\circ}$  C. Nach 12 Stunden waren 2 Pfund 4 Loth Wasser verdampft. Rückständige Kohlen  $2\frac{1}{2}$ , Asche 1 Loth.

Das Holz brannte faul und dunkel, die Kohlen neigten zum Erlöschen.

11) Italienische Pappel (*Populus italica*), Stammholz von 20 Jahren, gab in 30 Minuten  $55^{\circ}$  Hitze. Die Kohlen erloschen nach 1 Stunde 20 Minuten bei  $48^{\circ}$  C. Nach 12 Stunden war 1 Pfund 24 Loth Wasser verdampft. Rückständige Kohlen 2, Asche  $\frac{1}{2}$  Loth.

#### Nadelhölzer.

12) Lerche (*Pinus Larix*), Baumholz von 50 Jahren, gab in 40 Minuten  $70^{\circ}$  C. Hitze. Die Kohlen erloschen nach 1 Stunde 38 Minuten bei  $61^{\circ}$  C. Nach 12 Stunden waren 3 Pfund 2 Loth Wasser verdampft. Rückständige Kohle  $2\frac{1}{4}$ , Asche  $\frac{1}{8}$  Loth.

Gab zwar eine ziemlich lebhafte Flamme, doch prasselten und spritzten die Kohlen sehr und waren zum Erlöschen geneigt, wenn das Feuer nicht sehr stark war.

13) Kiefer (*Pinus sylvestris*), Baumholz von 125 Jahren, gab in 70 Minuten  $87^{\circ}$  Hitze. Die Kohlen erloschen nach 1 Stunde 50 Minuten bei  $67^{\circ}$  C. Nach 12 Stunden waren 5 Pfund 8 Loth Wasser verdampft. Rückständige Kohlen  $2\frac{1}{4}$ , Asche 1 Loth.

Brannte sehr gut und heftig, aber mit dickem, unangenehmem Rauch.

14) Edeltanne (*Pinus Abies*), Stammholz von 80 Jahren, gab in 32 Minuten  $69^{\circ}$  Hitze. Die Kohlen erloschen nach 1 Stunde 10 Minuten bei  $64^{\circ}$  C. Nach 12 Stunden waren 3 Pfund Wasser verdampft. Rückständige Kohlen  $2\frac{1}{4}$ , Asche 1 Loth.

Flamme heftig, knisterte wie bei Kieferholz, gab aber weniger und keinen so unangenehmen Rauch.

15) Fichte (*Pinus picea*), Stammholz von 100 Jahren, gab in 55 Minuten  $74^{\circ}$  Hitze. Die Kohlen erloschen nach 1 Stunde 30 Minuten bei  $65^{\circ}$  C. Nach 12 Stunden waren 3 Pfund 28 Loth Wasser verdampft. Rückständige Kohlen  $2\frac{1}{2}$ , Asche 1 Loth.

Die übrigen Eigenschaften wie bei *Pinus Abies*.

Um aus diesen Resultaten eine Taxation der Hölzer zu machen, nimmt man eine Holzart zum Maßstab. Gewöhnlich wählt man das Buchenholz als Einheit. Will man z. B. den Werth des Espenholzes nach dem des Buchenholzes ermitteln, so berechnet man denselben:

Berechnung  
des  
Holzwertes  
nach dessen  
Brennkraft.



1) nach dessen höchsten Hitze: Die 77 Grade Hitze, welche das Buchenholz gibt, seien 18 Gulden rh. (Preis einer Klafter) werth. Gibt das Espenholz 61 Grade Hitze, so ist  $77 : 18 = 61 : x = \frac{61 \cdot 18}{77} = 14,25 = 14 \text{ fl. } 15 \text{ Kr.}$

2) nach der Dauer der Hitze: Das Buchenholz gibt 3 Stunden 45 Minuten = 225 Minuten lang eine Hitze von  $52^{\circ} \text{ C.}$  und das Espenholz 135 Minuten lang von  $49^{\circ} \text{ C.}$  Man findet daraus nach der Regel de quinque:

$$\begin{array}{r} 225 : 135 = 18 \\ 52 : 49 = x \\ \hline 225 \cdot 52 : 135 \cdot 49 = 18 \\ \hline 11700 : 6615 = 18 : \frac{6615 \cdot 18}{11700} = 10,17 \text{ fl.} = 10 \text{ fl. } 10 \text{ Kr.} \end{array}$$

3) nach der verdampften Wassermenge: Das Buchenholz verdampft 4 Pfund 8 Loth = 136 Loth, das Espenholz 2 Pfund 10 Loth = 74 Loth. Es ist also  $136 : 74 = 18 : x = 9,8 \text{ fl.} = 9 \text{ fl. } 48 \text{ Kr.}$

Nun gibt der Durchschnitt vorstehender 3 Resultate  $= 14,25 + 10,17 + 9,8 = 33,50; \frac{33,50}{3} = 11,17 \text{ fl.} = 11 \text{ fl. } 10 \text{ Kr.}$  den verhältnißmäßigen Preis des Espenholzes, welcher freilich vom wirklichen Marktpreise

bedeutend abweicht, indem z. B. die Klafter Espenholz auf 6—8 fl. stand, während das Buchenholz 18 fl. kostete. Die Berechnung ist immer mangelhaft, so lange nicht die Zeit mit berücksichtigt wird, bis zu welcher das Wasser den höchsten Temperaturgrad angenommen hat.

Aus dem Brennwerthe für gleiche Volume verschiedener Holzarten erhält man den für gleiche Gewichte durch einfache Proportion: Es verhält sich nämlich das specifische Gewicht zum Brennwerthe wie 1 : x.

Ein Hauptmangel der Brennwerthbestimmung des Holzes nach der verdampften Wassermenge besteht außer dem Übelstande des wechselnden Barometerstandes in dem Entweichen eines großen Theils der Wärme. Auch die Bestimmung nach der bei der trockenen Destillation erhaltenen Menge brennbarer Bestandtheile ist unrichtig, weil die Zersetzung des Holzes im abgeschlossenen Raume von der beim Zutritte der Luft bedeutend abweicht (vgl. unter Kohlenbrennerei). Die wichtigsten Resultate gibt das Calorimeter<sup>1)</sup>.

Physische  
Fehler des  
Holzes.

Zu den physischen Fehlern und Eigenthümlichkeiten des Holzes, die es zu technischen Zwecken untauglich machen, rechnet man

1) Risse oder Klüfte. Längerrisse werden Kern- oder Eisklüfte genannt. Kernrisse entstehen gewöhnlich an alten oder auf feuchtem Boden erwachsenen Stämmen. Eisklüfte entstehen durch Frost, besonders

1) Die Beschreibung und Abbildung der Calorimeter von Rumford und Dulong s. in Pouillet's Lehrb. d. Physik, bearbeitet von Müller. 2. Aufl. Braunschweig, Vieweg. 1845. II. S. 444—446.

an der Südseite, wenn der darauf liegende Schnee aufthaut und gleich darauf wieder gefriert.

2) **Kernschäle** ist vorhanden, wo die Verbindung zweier Holzlagen durch eine Kluft unterbrochen ist. Sie kann durch Windstürme entstehen und findet auch statt beim Kopsholz wegen zu großem Andrang des Saftes nach dem Abköpfen. Die Entstehung von **Harzgallen** kommt von Eislüften und Schälrisfen her.

3) **Doppelter Splint** entsteht, wenn frühe Herbstfröste und kalte Winter das Reifen der Splintlagen hindern.

4) **Äststellen** kommen von abfallenden Ästen, **Auswüchse** von früh abgehauenen Ästen und **Knoten** von abgestorbenen Nebenschossen.

5) **Wimmeriger und maseriger Buchs** entsteht durch wellenförmige und krause Verschlingung der Fasern, wenn mehrere Knospen und Wasserreiser nicht zum Ausbruche kommen.

6) **Gedrehter, spiralförmiger Buchs** macht das Holz untauglich zum Spalten und nimmt ihm die Kraft. Er soll durch starke Winde und ungleiche Äste entstehen.

7) **Anbrüchiges Holz** heißt dasjenige, welches schon in seinem Leben rückgängig wird. Mit der Desorganisation des Holzgewebes ist dann auch gewöhnlich Entstehung von Schwämmen, Flechten und Moosen, so wie Verwüstung durch Insekten verbunden.

### Die Rinde

hat im Ganzen dieselbe Zusammensetzung, wie das Holz, doch ist sie reicher an den verschiedenen eigenthümlichen Stoffen, welche den Gewächsen theils zur Nahrung dienen, theils als undrauchbar ausgeschieden werden, namentlich an Harz; auch enthält sie unter allen Pflanzentheilen die meiste Kiesel-erde (vgl. S. 387). Die Rinde ist daher weit häufiger der Gegenstand chemischer Untersuchungen gewesen, als das Holz. Von den bei uns einheimischen Bäumen wurde z. B. die Rinde der Rainweide (*Ligustrum vulgare*) genauer untersucht. Pöler fand darin eine eigenthümliche Substanz (das Ligustrin), Mannit, krystallisirbaren Zucker, Schleimzucker, Gummi, Stärkmehl, Chlorophyll, bitteres Harz, bitteren Extraktivstoff, eisenbläuen- den Gerbstoff, Eiweiß, Faserstoff und Salze, namentlich von Magnesia.

Chemische  
Zusammen-  
setzung der  
Rinde.

Die Fichtenrinde, *Pinus sylvestris*, besteht nach Du Renil in 1000 Theilen aus

Pektin . . . . .	173
Gummi . . . . .	24
Leim . . . . .	5
Stärkmehl . . . . .	59,25
Bitterstoff oder gefärbtes Subalkaloid . . .	70
Hartharz . . . . .	90
Weichharz . . . . .	60
Wachs . . . . .	13

das Übrige (505,75) ist Faserstoff nebst einer eigenthümlichen Säure (vielleicht Ameisensäure, welche Laurent wenigstens im Terpentινόl fand).

Die Birkenrinde wurde von John und Gauthier untersucht. Sie fanden darin:

	Gauthier	John
Harz . . . . .	46,50	33,33
Extraktivstoff . . . . .	11,25	1,66
Gummi . . . . .	—	4,16
Korkstoff . . . . .	23,00	60,83
Gallus- und Gerbsäure . . . . .	5,5	} nicht be- stimmt.
Thonerde . . . . .	2,00	
Eisenoxyd . . . . .	4,50	
Kieselerde . . . . .	3,75	
Kalk . . . . .	2,50	
Verlust . . . . .	1,25	

In der Rinde eines 5 Zoll dicken lufttrockenen Astes der Rothbuche fand ich:

In Äther lösliches Weichharz, Wachs und Fett . . . . .	1,236
In Äther, Weingeist und kochender Sodalösung auflösliches, rothbraunes Harz . . . . .	0,100
Desgleichen von holzbrauner Farbe, in letzterer nicht löslich . . . . .	0,400
In Weingeist lösliches rothbraunes Harz . . . . .	2,666
Gerb- und Gallussäure . . . . .	1,000
In Weingeist und Wasser löslicher Extraktivstoff . . . . .	2,125
In kaltem Wasser löslicher Extraktivstoff nebst Gummi, welcher beim Verbrennen 0,390 Asche hinterließ . . . . .	2,418
In kochendem Wasser löslicher Extraktivstoff, welcher 0,500 Asche lieferte . . . . .	2,666
Pektin . . . . .	0,660
Faserstoff . . . . .	65,339
Wasser . . . . .	21,000

In der Seidelbastrinde fanden G. Smelin und Vär: Wachs, scharfes Harz, einen eigenthümlichen krystallisirbaren Stoff (Daphnin), gelben Farbstoff, zuckerartiges Extrakt, Gummi, braunrothes Extrakt, freie Apfelsäure und Verbindungen derselben mit Kali, Kalk und Bittererde, vielleicht auch mit Eisenoxyd und Thonerde, phosphorsauren Kalk, Spuren von phosphorsaurem Kali, Holzfaser und Kieselerde<sup>1)</sup>.

Die Rinde enthält, wie das Holz, nur im Winter Stärkmehl, jedoch in bedeutenderer Menge (vgl. S. 308), die mancher Epen und Fichten ist so reich daran, daß man es durch Zerreiben der Rinde und Auswaschen, wie die Kartoffelstärke, daraus gewinnen kann, und in Schweden

1) Die Untersuchung der Rinde von *Pinus sylvestris*, *Platanus acerifolia* und *Betula alba* von Stähelin und Hoffstetter, welche indeß keine quantitativen Angaben liefert, s. in den Ann. der Chem. u. Phys. 51. S. 63—80; pharm. Centralbl. 1844. S. 810—815.

wird zur Zeit der Noth aus Fichtenrinde Brod gebaden; auch soll man Schweine damit mästen.

Viele Rinden, und vielleicht alle, enthalten besondere eigenthümliche Stoffe, so die Rinde der Weiden und Pappeln Salicin, die Pappelrinde auch Populin, die Eschenrinde Fraxinin, die der Traubentirische Amygdalin, die Wurzelrinde des Birn- und Pflaumenbaums Phlorrhizin, die Birkenrinde Betulin, die Eschen- und Korkastanienrinde Schillerstoff, Faulbaum- und Traubentirschenrinde enthalten Blausäure oder vielmehr Amygdalin, aus dessen Elementen erstere bei der Destillation entsteht, die Rinde von Pinus sylvestris, Platanus acerifolia und Betula alba, (vielleicht alle braungefärbten Rinden) enthalten nach Stähelin und Hoffstetter einen rothbraunen Farbstoff (Phlobaphen). Die Rinde der großen Brennnessel (Urtica dioica) enthält (im Herbst) einen rothen, die Berberitzen-, Hainbuchen-, Weiden- und Faulbauminde enthält gelbe, die Wallnuß-, Birken-, Erlen- und Eschenrinde braune Farbstoffe. Die größte Wichtigkeit in technischer Beziehung erhalten die Rinden der Forstgewächse durch den bedeutenden Gerbstoffgehalt, wodurch sich die Rinden der meisten Bäume und Sträucher auszeichnen. Der Gerbstoff, welcher an der Luft leicht in Gallussäure übergeht, kommt meist in Gesellschaft von schon fertiger Gallussäure vor.

### Die Blätter

enthalten weit mehr Wasser und weniger Faserstoff als Holz und Rinde, dagegen aber von den übrigen festen Stoffen, welche in den Pflanzen vorkommen, weit größere Mengen als diese. Sie zeichnen sich insbesondere durch ihren bedeutenden Gehalt an Chlorophyll oder Blattgrün und an Salzen aus (vgl. S. 387). In 100 Theilen frischen jungen Birkenblättern fand Graßmann:

Chemische  
Zusammen-  
setzung der  
Blätter.

Flüchtiges Öl mit Wachs . . . . .	0,3
Gelbes bitteres Extrakt, freie Säure, Gummi und Eiweißstoff . . . . .	11,4
Harz, Blattgrün, Wachs und Pflanzenfaser . . . . .	33,8
Wasser . . . . .	54,5
	<hr/> 100,0

In den Nadeln des Lerchenbaums fand John: grünes Cerin, grünes weiches Harz, eisengrünen Gerbstoff, wenig Extraktivstoff, dem verhärteten Eiweiß ähnliche Materie, viel Holzfaser, doppeltweinsteinsaures Kali, Spuren von weinsteinsaurem Kalk und vielleicht auch Gerbstoff.

Auch an Gerbstoff sind einige Blätter reich. Die unter dem Namen Galläpfel bekannten Auswüchse der Färber- oder Galläpfelheide, Quercus infectoria, enthalten nach Humphry Davy:

Gerbsäure (ausgefällt durch eine thierische Haut) . . . . .	26,0
Schleim- und Extraktabsatz . . . . .	2,4
Gallussäure mit etwas Extraktivstoff . . . . .	6,2
Kalk- und andere Salze . . . . .	2,1
Pflanzenfaser . . . . .	63,0

Die Blätter der Bärentraube, *Arbutus uva ursi*, enthalten nach Reifner:

Gallussäure . . . . .	1,200
Gerbsäure. . . . .	36,400
Harz . . . . .	4,400
Extraktivstoff mit saurer äpfelsaurer Kalkerde und Spuren von Chlornatrium . . . . .	3,312
Extraktabsatz mit citronensaurer Kalkerde . . . . .	0,862
Gummi . . . . .	15,700
Extraktivstoff, beide durch Älkali ausgezogen (das erste enthält wahrscheinlich Pektinsäure, der zweite Gerbsäureabsatz) . . .	17,600
Holzfasern . . . . .	9,600
Wasser . . . . .	6,000

In vielen Blättern finden sich Alkaloide. So enthalten die Blätter der Belladonna Atropin. Brandes fand darin:

Wachs . . . . .	0,7
Blattgrün . . . . .	5,84
In Alkohol lösliche stickstoffhaltige Substanz (Pseudotoxin) nebst Salzen . . . . .	16,65
Stickstoffhaltige, in Alkohol unlösliche Materie (Phyteumacolla) .	6,90
Gummi . . . . .	8,33
Stärke . . . . .	1,25
Pflanzeneiweiß, aus der Infusion coagulirt . . . . .	4,7
Desgleichen aus dem nach dem Kochen mit Wasser unlöslichen Theile durch Älkali ausgezogen . . . . .	6,00
Pflanzenfaser . . . . .	13,70
Saures äpfelsaures Atropin . . . . .	1,51
Salze, schwefelsaure, salpetersaure, phosphorsaure, oxalsaure und Chlorüre von Kali, Ammoniak, Kalk und Bittererde . . .	7,47
Wasser . . . . .	25,8
Verlust . . . . .	2,05

In der Asche fand er Kupferoryd.

Die Blätter des Stechapfels enthalten Daturin. Promnitz fand außerdem in den frischen Blättern:

Grünes Sagmehl . . . . .	0,64
Pflanzeneiweiß . . . . .	0,15
Harz . . . . .	0,12
In Alkohol und Wasser löslicher Extraktivstoff . . .	0,60
Gummi . . . . .	0,58
Schwerlösliche Erdsalze . . . . .	0,23
Pflanzenfaser . . . . .	5,15
Wasser . . . . .	91,25
Verlust . . . . .	1,28

Die Blätter des rothen Fingerhuts, der seine Giftigkeit dem Digitalin zu verdanken scheint, enthalten nach Rabig:

Pittrin (Le Royers Digitalin) . . . . .	0,4
Digitalin . . . . .	8,2
Scharfen Extraktivstoff (Staptin) . . . . .	14,7
Blattgrün . . . . .	6,0
Pflanzeneiweiß . . . . .	9,3
Essigsäure (?) . . . . .	11,0
Eisenoryd . . . . .	3,7
Kali . . . . .	3,2
Pflanzenfaser . . . . .	43,6
	<hr/> 100,0

Die Blätter des Bilsenkrauts enthalten Hyoscyamin, die des gemeinen Schierlings Coniin, die der Solaneen Solanin. Andere enthalten indifferente krystallisirbare Stoffe, wie die Pappelblätter das Populin, die Pappel- und Weidenblätter das Salicin. Die Blätter des Faulbaums und vieler Drupaceen enthalten Amygdalin. Viele Blätter liefern Farbstoffe, so die der Kastanie, Erle, Birke, des Färbeginslers, der Wolfsmilch, der Kartoffel, des Faulbaums, der Haubehel, Weide, Linde, Pappel und Eiche, des Birn- und Maulbeerbaums gelbe, die Blätter der gemeinen Heide, *Erica vulgaris*, einen pomeranzengelben, die des Wallnußbaumes einen braunen Farbstoff. Die Nadeln der Rothtanne, *Pinus Abies*, (wahrscheinlich auch die anderer Nadelhölzer) enthalten nach Gottschalk ein vom Terpentinöl verschiedenes, aber durch schmelzendes Kali in Terpentinöl überführbares ätherisches Öl, welches die Ursache des angenehmen Geruches der Tannenwälder ist und an der Luft wahrscheinlich in Terpentinöl übergeht. Die Blätter des Quendels, *Thymus Serpyllum*, enthalten 0,07, die des Dost, *Origanum vulgare*, 0,15, des Wermuths 0,5 Procent ätherisches Öl. Die meisten ätherisches Öl enthaltenden Blätter gehören den Labiaten an.

### Die Blüten

sind durchschnittlich reich an Zucker, Farbstoff und oft auch an ätherischem Öl, der Blütenstaub an Wachs. In den Lindenblüten fanden Siller und Herberger folgende Bestandtheile:

Chemische  
Zusammen-  
setzung der  
Blüten.

	Blüten		Bracteen
	Herberger	Süßer	Herberger
Wasser . . . . .	73,8	73,00	77,0
Ätherisches Öl . . . . .	0,1		
Chlorophyll und Fett . . . . .	0,2	0,78	0,5
Harz von etwas gewürzhaftem Geschmacke . . . . .		1,98	
Anthopanthin . . . . .	0,9		0,5
Antholeucin . . . . .	1,2		0,7
Eisengrünender Gerbstoff . . . . .	0,2		0,6
Zucker und äpfelsaures Kali . . . . .	2,9	3,3	0,9
Doppeltweinsteinsaures Kali . . . . .	0,2		0,1
Cerin . . . . .	0,3		Spuren
Fett . . . . .	0,5		0,3
Pflanzeneiweiß . . . . .	0,4	0,78	0,3
Pflanzenleim . . . . .	0,2		0,2
Pflanzenschleim . . . . .		4,70	
Cerafin (Arabin) . . . . .	0,1		0,4
Traganthin (Pektin) . . . . .	3,4		1,4
Schwach bitter schmeckender Extraktivstoff . . . . .	0,7	1,63	1,4
Pflanzenfaures Kalisalz . . . . .	0,3		0,3
Faserstoff und Asche . . . . .	13,6	14,00	16,5
Verlust . . . . .		0,1	
	100,0	100,00	100,0

Zur Vergleichung mögen noch dienen:

Die Analyse der römischen Kamillenblüten, *Anthemis nobilis*, von Wypf:

Wachs . . . . .	1,50
Chlorophyll und Fett . . . . .	3,63
Harz . . . . .	5,25
Bittere, in Äther lösliche Substanz . . . . .	4,00
In Alkohol lösliches Extrakt . . . . .	3,12
Nur in Wasser lösliches Extrakt . . . . .	5,50
Mit Salzsäure ausgezogenes Extrakt nebst Kalphosphat . . . . .	7,75
Kalisulphat und -tartrat, Chlorkalium und Kaltsalat . . . . .	1,88
Eiweiß . . . . .	1,50
Gummi . . . . .	0,75
Pflanzenfaser . . . . .	62,00
Flüchtiges Öl und Gerbstoffe . . . . .	Spuren

96,88

Die Analyse der Ringelblumen, *Calendula officinalis*, von Seiger:

Gelbgrünes, weiches Harz . . . . .	3,44
Bitterer Extraktivstoff . . . . .	19,13
Gummi . . . . .	1,5
Stärke . . . . .	1,25
Ringelblumenschleim . . . . .	3,50
Pflanzeneiweiß . . . . .	0,62
Freie Äpfelsäure mit bitterem Extrakt . . . . .	6,84
Äpfelsaures Kali . . . . .	5,45
Äpfelsaurer Kalk . . . . .	1,47
	<u>43,20</u>

	Transport	43,20
Chlorkalium		0,66
Pflanzenfaser		62,5
Überschuß		7,33
		<u>113,69</u>

Die Blüten der Katschrose (*Papaver Rhoeas* L.) enthalten nach Beeg und Ludwig 15 feste Substanzen auf 85 Wasser. Von ersteren sind nach Riffard 12 gelbes Fett, 40 rother Farbstoff, 20 Gummi und 28 Pflanzenfaser.

Die Blüten der Traubentirsche (*Prunus Padus*) enthalten nach John:

Flüchtiges Öl, Harz und Wachs	Spuren
Extraktivstoff	2,5
Gerbstoff mit Schleimzucker und Chlorkalium	2,0
Gummi	3,0
Holzfasern	10,0
Rothbraune, eiweißartige Substanz	12,5
Wasser mit Blausäure und einem Ammoniaksalz	70,0

Der Gehalt an ätherischem Öl beträgt bei den Lindenblüten 0,1 Procent nach Herberger (durch Destillation erhält man nach Winkler nur 0,023), bei den Kamillenblumen 0,03, bei denen der Schafgarbe, *Achillea Millefolium*, 0,09, bei Rainfarren, *Tanacetum vulgare*, 0,5. Geringere Mengen von Öl enthalten die Hollunder- (*Samb. nigra* und *Syringa vulgaris*), Acacia-, Maiblumen u.

Der Samenstaub der Blüten (Pollen) besteht in der Regel aus frei liegenden Körnern von  $\frac{1}{100}$  bis  $\frac{1}{20}$  Linie Durchmesser, in jeder Pflanze von ziemlich gleicher Größe, selten aus zusammenhängenden mehr oder minder leicht trennbaren Conglomeraten. Die Körner bestehen aus zwei, seltener einer oder drei Häuten mit einer eingeschlossenen Masse. Die äußere wird von concentrirter Schwefelsäure fast nicht angegriffen, weil sie von Wachs durchdrungen ist, wohl aber gesprengt; die innere wird zerstört.

Der Samenstaub der Fichte, *Pinus Abies*, enthält nach John:

Wachs mit Spuren von flüchtigem Öl	2,25
Braungelbes weiches Harz	4,00
Zucker mit etwas Extraktivstoff	4,5 bis 5,0
Pflanzeneiweiß	4,0 bis 5,0
Gummiartige, durch Gerbstoffe fällbare Materie nebst Kali-, Ammoniak-, Kalk- und Bittererdenmalat	6,0
Kaliumsulfat und Phosphat, Chlorkalium, Kalk- und Eisenoxydphosphat	3,0
Pollenin	75,25

In dem der Fichte (*Pinus sylvestris*) fand er:

Etwas Wasser nebst einer fade riechenden flüchtigen Substanz	
Gelblich weißes, nicht klebendes Wachs (Cerin)	2,00
Öl	eine Spur
Braungelbes Weichharz	3,75



Zucker mit etwas scharfem Extraktivstoff . . . . .	5,00
Pollenin . . . . .	77,25
Eiweißstoff . . . . .	4—5,00
Äpfelsaures Ammoniat . . . . .	eine Spur
Schwefelsaures, phosphorsaures Kali und Chlorkalium . . . . .	3
Schwefel . . . . .	Spuren.

Ähnliche Resultate lieferte auch die Untersuchung des Pollens von *Corylus avellana* nach Stolze (Sprengel's Bau der Gewächse), des Pollens vom Dattelpalm nach Fourcroy und Vanquelin<sup>1)</sup>, der Tulpe von Grotthuis und John<sup>2)</sup> und der *Calla aethiopica* von Brandes<sup>3)</sup>.

Man versteht gewöhnlich unter Pollenin einen eigenthümlichen vegetabilisch-animalischen Bestandtheil des Pollens, der weder Pflanzeneiweiß, noch Pflanzenleim ist, welcher aber Stickstoff enthält, sich weder in Wasser oder Alkohol, noch in Alkalien, wohl aber in concentrirten Säuren auflöst, mit großer Lebhaftigkeit verbrennt und im feuchten Zustande unter Entwicklung eines käseartigen Geruchs leicht in Fäulniß übergeht. Nach Krißsche ist es jedoch keine homogene Substanz, sondern ganz dem unveränderten Pollen gleich und besteht wie dieses aus mehreren chemisch unterscheidbaren Substanzen. Der Pollen erleidet weder durch Wasser, Alkohol oder Äther weder kalt, noch beim Kochen eine Veränderung. Kocht man ihn aber mit verdünnter Alkalilösung, so scheint es zwar, als würde der Inhalt aufgelöst, so daß bloß die Häute zurückbleiben. Aber beim Trocknen des Rückstandes findet man, daß die Körner nur aufgelockert worden waren und der größte Theil des Inhalts noch vorhanden ist. Auch durch verdünnte Schwefelsäure gelingt die Trennung nicht. Eine vollkommene Analyse des Pollens steht daher noch zu erwarten<sup>4)</sup>.

Die Blüten der Drupaceen enthalten Amygdalin, viele enthalten Eisen und Spuren von Mangan (Hünefeld), die Weidenblüten Salicin. Stärkmehl scheint selten darin vorzukommen. Hünefeld erhielt bei der Untersuchung von 30 verschiedenen Blüten nur bei vierten eine deutliche Reaction mit Jod.

Zu den Honig liefernden Blüten gehören vorzüglich die der Linde, der Ahorne, des Kreuzdorns, des Faulbaums, der Haubehede, der Rainweide, des Weisblattes. Wachs liefert der Blütenstaub der Fichten, Föhren, Lerchen etc. Einen rothen Farbstoff liefern die Blüten der Rosen, des Feldmahns, einen blauen die Veilchen, Glockenblumen, die Adlerblume, *Aquilegia vulgaris*, der Rittersporn, die Kornblume, einen gelben die Blüten des Ginsters, der Acacie, der Kartoffel.

1) Gilbert's Ann. 15. S. 298.

2) Schweigger's Journ. 11. S. 281 u. 12. S. 244.

3) Archiv d. Pharm. 4. S. 53—56; pharm. Centralbl. 1836. S. 111.

4) Vgl. Krißsche über Pollen und Pollenin in Doggenborff's Ann. 32. S. 481—492; pharm. Centralbl. 1835. S. 33—36 u. 49—52.

## Früchte.

Chemische  
Zusammen-  
setzung der  
Früchte.

In der Frucht concentriren sich die Nahrungsstoffe am meisten, während sie in dem Saft der übrigen Theile durch Wasser verdünnt sind. Der Faserstoff tritt zurück, Gummi, Eiweiß, Stärkmehl, Pflanzenleim und Zucker sind vorherrschend, Gummi mit Zucker besonders in den fleischigen Samenhüllen, wie in den Früchten der Rose, der Heidel-, Hollunder-, Kreuzborn-, Him-, Erd- und Wachholderbeeren, das Eiweiß mit Stärkmehl in den Kastanien, Pflanzenleim mit Stärkmehl in den Eichen, Pflanzenleim mit Stärkmehl und Eiweiß in den Samen der Gräser, Eiweiß und Gummi mit fettem Oel in den Bucheln, Hasel- und Wallnüssen u.

Die fleischigen Samenhüllen enthalten auch häufig Pektin und beträchtliche Mengen von freien Pflanzensäuren, gewöhnlich Apfel- und Citronensäure, wie namentlich die Verberizen- und Vogelbeeren, welche fast bloß Apfelsäure, die Heidel-, Erd-, Molte- und Himbeeren (*Rubus chamaemorus* und *R. idaeus*), welche halb Apfel-, halb Citronensäure, die Moos- und Preußelbeeren (*Vaccinium Oxycoccus* und *Vitis idaea*), welche Citronensäure fast ganz ohne Apfelsäure enthalten.

Die Weinsäure bildet gewöhnlich ein saures Kalisalz, wie in den Maul-, Wein- und Gerbersumachbeeren.

Die Essigsäure soll in einigen Samen vorkommen und zwar meist frei, so im Reissamen (eine Spur) nach Braconnot, in den Leinsamen nach Mayer und Bauquelin, in den Mandeln (0,5 Procent) nach Boullay, allein sie scheint, wie im Birken- und Thornsast, erst durch Zersetzung des Zuckers entstanden zu sein.

Dralsäure scheint in den Früchten und Samen nicht vorzukommen, außer etwa in den Haaren der Ruchererbse (frei).

Unter allen Pflanzentheilen enthalten die Samen die größte Menge phosphoraurer Salze. Vgl. die Aschenanalysen S. 388.

Wegen dieses Vorkommens der Nahrungsstoffe über den Faserstoff-bilden vorzugsweise die Früchte die Nahrung der Thiere, und auch der Mensch kann sie roh genießen, während er die übrigen Pflanzentheile gewöhnlich nur im gekochten Zustande zu verdauen vermag.

Einige enthalten ätherische Oele, wie die Himbeeren (woraus es Blei isolirte)<sup>1)</sup>, Erdbeeren und die Samen vieler Doldengewächse, mehrerer Cruciferen u. Die Senffamen geben 0,1, der Kümmel 0,4, der Wasserfenchel 0,5, die Wachholderbeeren 1, der Dillsamen 3 Procente ätherisches Öl.

Einige enthalten auch Färbstoffe, einen rothen die Verberizenfrüchte, die Himbeeren, Hollunder-, Ättig-, Heidel-, Liguster- und überreifen Kreuzbornbeeren, einen grünen die reifen Kreuzbornbeeren, einen blauen die Früchte des Faulbaums, einen violetten die Früchte des Mahalebstrauchs und die Brombeeren, einen gelben die unreifen Kreuzbornbeeren und die Samen des rothen Wiesentlees (*Trifolium pratense*), einen braunen die

1) Archiv d. Pharm. 13. S. 248.

Schalen der Walnüsse. Die Färbung der Oberhaut der Früchte, wie bei den Äpfeln, Pflaumen, Vogelbeeren u. beruht nach Mulder auf der Gegenwart eines wachsartigen Farbstoffs.

Anderer enthalten verschiedene giftige Stoffe, so die Lollkir-schen und Stechapfelfamen Alkaloide, das Atropin und Daturin, die Spindelbaumbeeren ein scharfes Harz, der Seidelbast ein im höchsten Grade scharfes fettes Öl.

Wegen ihres Gehaltes an nutzbaren fetten Ölen sind wichtig die Buchensamen mit 12, die Hundebeeren (*Cornus sanguinea*) mit 17, die Rothtannen- (*Pinus picea*) und Fichtensamen (*Pinus sylvestris*) mit 24, die Distelfamen (*Onopordon Acanthium*) mit 25, die Wauksamen (*Reseda luteola*) mit 30, die Walnüsse mit 50 und die Haselnüsse mit 60 %.

Die Früchte der Nadelhölzer sind neueren Versuchen zufolge <sup>1)</sup> so reich an Gerbstoff, daß sie ein gutes Gerbmateriel liefern. Kiefer- und Lerchenbaumzapfen enthalten fast ebensoviel als Eichenrinde, die übrigen  $\frac{1}{2}$  weniger.

Als Beispiele für Früchte und Samen mögen folgende Analysen dienen.

1) Vorkalten des Zuckers nebst Gummi: Früchte der *Rosa canina* nach Bils:

Flüchtiges Öl . . . . .	Spuren
Fettes Öl . . . . .	0,065
Wachs . . . . .	0,050
Harz . . . . .	1,860
Eisengrünende Gerbstoffe . . . . .	0,260
Gummi . . . . .	25,000
Nicht krystallisirbarer Zucker . . . . .	30,000
Citronensäure . . . . .	2,950
Unreine Äpfelsäure . . . . .	7,760
Pflanzenfaser . . . . .	14,000
Epidermis . . . . .	4,552
Wasser . . . . .	12,865

In den Früchten von *Mespilus Pyracantha* fand Santagata 11 Zucker, 20 Gummi, 4 Wachs, 1,5 Gerbstoff, 1,5 Farbstoff und 62 Holzfaser.

Die Wachholderbeeren enthalten nach Trommsdorff 33,8 Procent Zucker und 7 Gummi nebst 10 Harz.

2) Eiweiß mit Stärkmehl: Korkastanienfrüchte nach Hermbstädt:

Fettes Öl . . . . .	1,21
Bitterer Extraktivstoff . . . . .	11,45
Gummi . . . . .	13,54
Eiweiß . . . . .	17,19
Stärke . . . . .	35,42
Faserstoff . . . . .	19,78
	<hr/> 98,59

1) Corniquel im *Moniteur industriel*, fäch. Gewerbebl. 1844. S. 395.

3) Pflanzenleim mit Stärkmehl: Eicheln (*Quercus Robur*) nach B. Brande:

Stärkmehl . . . . .	20,28
Pflanzenleim . . . . .	18,00
Gerbsäure . . . . .	2,86
Faser . . . . .	7,15
Extraktivstoff und Wasser . . . . .	51,71

4) Pflanzenleim mit Stärkmehl, Gummi und Eiweiß: Roggenfasen (*Secale cereale*) nach Einhof:

Samenhülse 24,2, Mehl 65,6, Wasser 10,2. Im Mehl:

Stärke . . . . .	61,07
Pflanzenleim . . . . .	9,48
Pflanzeneiweiß . . . . .	3,28
Nicht krySTALLISIRENDER Zucker . . . . .	3,28
Gummi . . . . .	11,09
Pflanzenfaser . . . . .	6,38
Unbestimmte Säure und Verlust . . . . .	5,62

Der Weizen enthält nach FUS 15 Pflanzenleim, 56 Stärkmehl, 0,15 Eiweiß, nach de SAUFFURE 11,75; 73,72; 1,43, gekleimt 7,64; 65,80; 2,67 mit Zunahme des Zuckers von 2,44 auf 5,07 und des Gummi von 3,46 auf 7,91. Die Gerste 3,52; 57; 1,15. — Die unter den Aschenanalysen erwähnten Phosphate blieben bei diesen Untersuchungen unberücksichtigt.

5) Eiweiß und Gummi mit fettem Öl: Hanfsamen nach Buchholz:

Fettes Öl . . . . .	19,1
Eiweiß . . . . .	24,7
Gummi . . . . .	9,0
Bitteres Extrakt mit Zucker . . . . .	1,6
Harz . . . . .	1,6
Faserstoff, Hülsen und Schalen . . . . .	43,3
Verlust . . . . .	0,7
	<hr/> 100,0

Die Bilsenfruchtsamen enthalten nach Brandes 19,6 Öl, 4,5 Eiweiß und 2,4 Pflanzenschleim.

6) Ölsamen, worin das Eiweiß durch Schleim vertreten ist: Leinsamen nach Leo Mayer:

Fettes Öl . . . . .	11,265
Wachs . . . . .	0,146
Weiches Harz . . . . .	2,488
Harzartige färbende Materie . . . . .	0,550
Gelbe gerbsäureähnliche Materie . . . . .	0,926
Gummi . . . . .	6,154
Pflanzenschleim . . . . .	15,120
Stärke . . . . .	1,480
Gluten . . . . .	2,032

Pflanzeneiweiß . . . . .	2,782
Zuckerartiger Extraktivstoff . . . . .	10,884
Umhüllung nebst unausgezogenem Pflanzenschleim . . . . .	44,382

Außerdem fand er noch freie Essigsäure, essigsaures und schwefelsaures Kali, Chlorkalium, phosphorsaure und schwefelsaure Kalkerde, phosphorsaure Magnesia und Kieselerde.

7) Säuerliche Saft- und Fleischfrüchte: a) Stachelbeeren (*Ribes grossularia*) nach Berard:

	unreife	reife
Harziges Blattgrün . . . . .	0,03	—
Zucker . . . . .	0,52	6,24
Gummi . . . . .	1,36	0,78
Pflanzeneiweiß . . . . .	1,07	0,86
Äpfelsäure . . . . .	1,80	2,41
Citronensäure . . . . .	0,12	0,31
Kalk . . . . .	0,24	0,29
Pflanzenfaser nebst den Kernen . . . . .	8,45	8,01
Wasser . . . . .	86,41	81,10

b) Kirschchen und Äpfel nach demselben:

	Kirschchen		Äpfel		
	unreife	reife	reif und frisch	aufbewahrt	morsch
Harziges Blattgrün	0,05	—	0,08	0,01	0,04
Farbstoff . . . . .	nicht bestimmt				
Zucker . . . . .	1,12	18,12	6,45	11,52	8,77
Gummi . . . . .	6,01	3,23	3,17	2,07	2,62
Pflanzenfaser . . . . .	2,44	1,12	3,80	2,19	1,85
Pflanzeneiweiß . . . . .	0,21	0,57	0,08	0,21	0,23
Äpfelsäure . . . . .	1,75	2,01	0,11	0,08	0,61
Kalk . . . . .	0,14	0,10	0,03	0,04	Spur
Wasser . . . . .	88,28	74,85	86,28	83,88	62,72

Die sibirischen Eisäpfel enthalten nach Lampadius:

Zucker . . . . .	3,10
Gummi . . . . .	4,03
Faser mit Eiweiß . . . . .	3,45
Äpfelsäure . . . . .	1,20
Gerb- und Extraktivstoff . . . . .	2,42
Wasser . . . . .	80,09

Die Rosenfrüchte scheinen (vgl. S. 438) noch mehr Säure (7 % Äpfelsäure) zu enthalten, allein es sind dort die festen Bestandtheile überhaupt in größerer Menge vorhanden, da sie nur  $\frac{1}{7}$  von dem Wassergehalte der Äpfel besitzen.

Äpfel und Birnen enthalten ganz kurze Zeit vor dem Reifen auch Stärkmehl, welches aber bald wieder verschwindet, unter Verwandlung in Zucker.

8) Samen mit ätherischem Öl: Kümmelsamen nach Trommsdorff:

Flüchtiges Öl . . . . .	0,44
Wachs . . . . .	1,50
Grünes Öl . . . . .	7,00
Harz . . . . .	0,30
Eisengrünende Gerbsäure . . . . .	8,00
Schleimzucker mit pflanzensauren Kali- und Kaltsalzen . . . . .	2,00
Schleim mit phosphorsaurem Kali und andern Salzen, aus dem Decoct mit Alkohol gefällt . . . . .	4,00
Saure äpfelsaure Kalkerde . . . . .	3,00
Pflanzenfaser . . . . .	70,00
Wasser und Verlust . . . . .	3,76
	<u>100,00</u>

Wasserfenchelsamen (*Phellandrium aquaticum*) nach Berthold:

Flüchtiges Öl . . . . .	1,497
Fettes Öl . . . . .	5,078
Cerin . . . . .	2,578
Harz . . . . .	4,908
Extraktivstoff . . . . .	8,078
Gummi . . . . .	3,463
Pflanzenfaser . . . . .	71,822
	<u>97,429</u>

Was das spezifische Gewicht der Samen betrifft, so erhielten Schüb-  
ler und Renz aus ihren Versuchen<sup>1)</sup> folgende Resultate: Spezifisches  
Gewicht der  
Samen.

1) Jede Pflanzenart besitzt im völlig reifen und ausgebildeten Zustande ein bestimmtes spezifisches Gewicht, das nur zwischen gewissen Grenzen wechselt. Dasselbe kann daher als Kennzeichen der Art und der Güte der Samen dienen.

2) Das Schwimmen oder Untersinken der Samen im Wasser ist für die Keimfähigkeit bei verschiedenen Pflanzen ein sehr unsicheres Zeichen, indem auch in höherer Temperatur völlig ausgetrocknete Samen, welche keine Keimfähigkeit mehr besitzen, im Wasser untersinken können, während umgekehrt zuweilen selbst vollkommen ausgebildete Samen vermöge Adhäsion am Wasser schwimmen, ob sie gleich schwerer als dieses sind. Samen von nur wenig größerem spezifischem Gewicht, als Wasser, schwimmen in schlechten Jahren, während sie in guten und warmen untersinken.

3) Die stärkehaltigsten Samen sind in der Regel die schwersten, die fette Öle enthaltenden sind wenig schwerer, als Wasser, und am leichtesten sind die der Dolden und Syngenesisten, woran aber nicht die bisweilen darin enthaltenen ätherischen Öle, sondern häufiger die in ihren Hüllen eingeschlossene Luft Schuld ist.

4) Auch Samen mit glatten Körnern besitzen zuweilen ein geringeres

1) Fehner (f. Literatur S. 2) S. 37—49.

specifisches Gewicht, als Wasser, obgleich der eigentliche Kern des Samens gewöhnlich schwerer ist.

5) Die Samen der im Großen verbreiteten Nadelholz- und die der meisten Laubholzarten unseres Klimas, Birken, Ahorne, Eschen, Pappeln, Weiden, der verschiedenen Nußarten, so wie sie als Ganze in Hüllen eingeschlossen von den Bäumen fallen, sind leichter als Wasser, was für ihre Verbreitung und Erhaltung zweckmäßig erscheint, indem sie bei ihrem Herabfallen oft von bedeutend hohen Bäumen häufiger auf Wasserflächen zu liegen kommen, als nahe an der Erde reife Samen, von welchen sie dann erst durch Winde und Strömungen den benachbarten Ufern zugeführt werden können, ohne sogleich unterzusinken.

6) Die Samen der Wasserpflanzen sind dagegen gewöhnlich schwerer, als Wasser, sie sinken im Wasser zu Boden, so wie sie als nackte Körner aus den Hüllen fallen, was für ihre Keimung im Grunde der Sümpfe nothwendig erscheint.

7) In nasskalten Jahren haben vorzüglich die mehlfaltigen (Getreide-) Früchte ein geringeres specifisches Gewicht, als gewöhnlich, auch wenn sie vollkommen keimungsfähig sind, weil sich in solchen Jahren die Mehltheile im Verhältniß zu den lockeren Hüllen und Bedeckungen weniger ausbilden.

Kurzer Überblick der chemischen Zusammensetzung der einzelnen Pflanzentheile.

Das über die Zusammensetzung der einzelnen Pflanzentheile Gesagte ließ sich vielleicht folgendermaßen zusammenfassen: Das Holz charakterisirt sich durch vorwaltenden Faserstoff, während in der Rinde neben Faserstoff, in fester Form abgelagerte Nahrungs- und Ausscheidungsstoffe hervortreten, wie Stärkmehl, Harz und zum Theil Kieselerde. Die Blätter zeichnen sich aus durch Reichthum an Chlorophyll, Extractstoff und Salzen, die Blüten durch Zucker, Wachs, Farbstoff und ätherisches Öl, die Samen enthalten vorzüglich Nahrungsstoffe, wie Gummi, Eiweiß, Stärkmehl, Leim nebst sauerstoffarmen Substanzen, wie die fetten Öle, und phosphorsaure Salze, die Früchte dagegen dieselben Nahrungsstoffe nebst Zucker, aber statt der Fette sauerstoffreiche Substanzen, Pflanzensäuren.

#### Zerlegung der Pflanzen in ihre näheren Bestandtheile.

Die Beschreibung der Elementaranalyse ist bereits im allgemeinen Theile gegeben worden. Es handelt sich hier von der Zerlegung der Pflanzen in ihre näheren Bestandtheile, welche trotz ihrer Zusammensetzung aus gleichen Elementen so sehr in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften von einander abweichen. Da sie zu den am vielfachsten zusammengesetzten Körpern gehören, so sind ihre Bestandtheile durch so schwache Verwandtschaftskraft verbunden, daß die bloße Berührung in Zerlegung begriffener Substanzen hinreicht, ihre Verbindung zu zerstören. Um so mehr muß dies bei der Einwirkung jener Zerlegungsmittel geschehen, deren man sich gewöhnlich zu Analysen bedient. Es gehören daher solche Untersuchungen zu den allerschwierigsten Arbeiten, sie geben sehr leicht unrichtige Resultate, so daß man Produkte für Edukte erhält, wie dies die bedeutenden

Schwierigkeiten bei der Pflanzenanalyse.

Abweichungen der Resultate bei Analysen einer und derselben Pflanzensubstanz durch mehrere Chemiker so oft ergeben.

Da keine Pflanze mit der andern in ihren Bestandtheilen übereinstimmt und bei solchen Arbeiten fast immer neue Substanzen vorkommen, deren Eigenschaften erst studirt werden müssen, bevor eine Anweisung zu ihrer Abscheidung möglich wird, so lassen sich hier auch nur ganz allgemeine Regeln angeben.

*Allgemeine  
Regeln für  
die Pflanzen-  
analyse.*

Vor Allem sondert man Alles von einander, was sich mechanisch in anatomischer Beziehung trennen läßt, nämlich bei Wurzel, Stamm oder Stengel und Ästen, die Rinde vom Basse, das Holz vom Kern oder Mark; bei den Blüten den Kelch von der Krone; bei den Früchten die Fruchthüllen oder das Samengehäuse von den Samen; bei den Früchten wieder, wo möglich, die Oberhaut von dem Fruchtmarte, das innere Samengehäuse vom Kern u. Den getrockneten und länger aufbewahrten Pflanzen sind in der Regel die frischen vorzuziehen, weil beim Trocknen und Aufbewahren leicht Veränderungen erfolgen, welche unrichtige Resultate veranlassen. Wo besondere Genauigkeit verlangt wird, dürfte es nicht überflüssig sein, die Untersuchung auf verschiedene Weise zu wiederholen, um Edukt und Produkt um so sicherer unterscheiden zu können.

*Mechanische  
Vorbereitung  
der Pflanzen-  
stoffe.*

Zuerst werden jederzeit die bekannten Bestandtheile aufgesucht und alsdann erst Versuche angestellt, ob nicht auch unbekannte darin vorkommen. Es ist äußerst schwer, die Natur der gefundenen Stoffe zu bestimmen, oft gibt man daher einem Stoffe den Namen eines andern bekannten, der gleichwohl weit entfernt ist, es zu sein, trotz einiger Ähnlichkeit mit demselben. Was gewöhnlich unter dem Namen von Extraktivstoff als ein besonderer Körper aufgeführt wird, ist oft nur ein Gemenge von verschiedenen Körpern, die nichts mit einander gemein haben, als die Auflöslichkeit in Wasser und das extraktähnliche Aussehen nach dem Abdampfen. Aus diesem Extraktivstoffe schießen oft erst nach Monaten Substanzen an, welche durch andere an der Krystallisation gehindert wurden, sind aber oft auch nur das Produkt der Einwirkung der Luft auf das Extrakt. Besonders ist zu berücksichtigen, daß jede Pflanze eine Menge von Bestandtheilen gemein hat mit einer andern ihr ähnlichen Pflanze, nichtsdestoweniger aber auch andere, auf deren Gegenwart der spezifische Unterschied zwischen den ähnlichen Pflanzen beruht. Diese Bestandtheile sind nicht immer ganz verschiedene Substanzen, sondern oft nur Varietäten einer und derselben Art, wie z. B. die verschiedenen Stärkmehlarten. Die Unterscheidung solcher Körper, welche sogar gleiche Zusammensetzung und gleiches Atomgewicht haben, erfordert Geduld, Erfahrung und Urtheil.

*Vorsichts-  
maßregeln bei  
der Pflanzen-  
analyse.*

Jederzeit muß der quantitativen eine qualitative oder Erkennungsanalyse vorausgehen, um sich einen sicheren Arbeitsplan zu machen. Aber auch bei diesen Vorarbeiten muß man jedesmal nicht bloß den ausgezogenen Bestandtheil, sondern auch den Rückstand wiegen, um zu sehen, ob nichts der Aufmerksamkeit entgangen ist.



Bestimmung  
des Wasser-  
gehaltes der  
Pflanzen.

Alle Pflanzentheile enthalten Wasser. Man trocknet sie daher so lange im Wasserbade und dann im Ölbade, bis sie nichts mehr am Gewichte verlieren; das Trocknen im Wasserbade muß vorhergehen, weil zu starkes Erhitzen leicht eine Zersetzung veranlassen könnte, so lange noch viel Wasser vorhanden ist. Mehr sichert aber vor Zersetzung das Trocknen bei gewöhnlicher Lufttemperatur im luftleeren Raume oder im Exsiccator (eine am Rande mit Talg bestrichene, auf einer Glastafel stehende Glasglocke, unter welche man eine Schale mit concentrirter Schwefelsäure, Chlorcalcium oder einer anderen Wasser anziehenden Substanz und über dieselbe den zu trocknenden Körper bringt). Bei an der Luft veränderlichen Körpern muß letzterer mit Wasserstoffgas gefüllt werden. Hierauf wird in einer ebenfalls mit Wasserstoff gefüllten Retorte im Ölbade getrocknet. Doch gilt letzteres nur für Stoffe ohne ätherisches Öl, welches entweichen würde, und ohne Eiweiß, welcher coagulirt.

Anwendung  
der Lösungsmittel auf  
Pflanzenstoffe

Nun folgt die Ausziehung mit verschiedenen Lösungsmitteln, welche in verschiedener Ordnung folgen. Gewöhnlich macht Äther den Anfang, ihm folgen Weingeist, Wasser, Säuren und Alkalien. Der Stoff wird hierzu am besten mit einer Raspel oder einem Reibeisen zerkleinert oder zerhackt, da die Pulverform das Eindringen der Lösungsmittel erschwert.

Ausziehung  
mit Äther.

Die vom Äther ausgezogenen Stoffe sind gewöhnlich fette und flüchtige Öle, mehrere von den Harzen, freie Gerbsäure nebst einigen Bitterstoffen, Farbstoffen und alkaloidischen Salzen. Der Äther wird abdestillirt, die Flüssigkeit in der Retorte eingetrocknet, der Rückstand gewogen, mit etwas Äther aufgelöst, in ein Gefäß mit Wasser gegossen und der Äther bei nicht über 30° C. verdunstet, wobei das Wasser die darin löslichen Theile aufnimmt; dann wird das Wasser im Wasserbade so stark als möglich erhitzt, erkalten und absetzen lassen, abgegossen und der Rückstand nochmals mit kaltem Wasser abgewaschen, der ganze wässrige Auszug in einem gewogenen Gefäße eingetrocknet und gewogen. Dieser Auszug kann sehr verschiedene Substanzen enthalten, wozu Gerb- und andere freie Säuren, alkaloidische Salze u. gehören.

Das vom Wasser Ungelöste wird mit wasserfreiem Alkohol ebenso ausgezogen und der Auszug genauer untersucht. Er enthält die meisten Harze.

Der Rückstand kann bestehen aus Fett oder Wachs und in Alkohol nicht löslichen Harzen, aus Kautschuk u. Sehr wenig Äther löst das Fett auf und läßt Kautschuk nebst den Stoffen zurück, welche sich nur bei Gegenwart der von Alkohol ausgezogenen Substanzen in Äther aufgelöst hatten.

Fett und Harz sind sehr schwierig zu scheiden; man versucht destillirtes Steinöl und Terpentinöl, sehr verdünnte Kalilösung, welche das Harz auflösen kann, ohne das Fett zu verseifen.

Ausziehung  
mit Alkohol.

Der mit Äther behandelte Rest des Pflanzenstoffs wird nun durch Trocknen vom Äther befreit und zuerst mit kaltem, dann mit kochendem wasserfreiem oder wenigstens Alkohol von 95% ausgezogen. Der Auszug kann enthalten Reste von ätherischem Öl und Chlorophyll, besonders aber gewisse Extractiv- und Farbstoffe, verschiedene alkaloidische und andere

krySTALLISIRBARE Stoffe, wie Chinarothe, chinasaures Cinchonin, Solaninsalz, Salicin, Populin, Glycyrrhizin, Mannit, Zucker.

Aus dem Rückstand des weingeistigen Auszugs nimmt Wasser den Zucker, mehrere Extractiv- und Färbstoffe, Salze und mehrere eigenthümliche Pflanzenstoffe, wie Salicin, Digitalin, Colombin, Gerbsäure und Salze auf. Die zurückbleibenden Harze müssen nun durch abwechselnde Einwirkung von 60procentigem Alkohol, Ammoniak, verdünnter und concentrirter Kalilösung, Fällung durch essigsaures Blei- oder Kupferoryd, Stein- und Terpentinöl, nach der Methode von Unverdorben, geschieden werden<sup>1)</sup>.

Der Rückstand vom Alkoholrückstand wird nun nach dem Trocknen mit Wasser von höchstens + 20 bis 40° C. behandelt. Da dies oft wegen Aufquellen der Masse sehr langsam geht, so muß im Sommer gegen das leicht eintretende Sauerwerden durch gute Abkühlung mit Eis Vorkehr getroffen werden.

Die erste (concentrirteste) Lösung wird im luftleeren Raume, die anderen Anfangs im Wasserbade abgedunstet, zuletzt im Dlbade, und dann das Ganze gewogen.

Der wässerige Auszug, welcher den eigenthümlichen Bitterstoff (Extractivstoff) der Pflanze, Gummi und die in absolutem Weingeist unlöslichen Salze, namentlich zweifachphosphorsaures Kali, Weinstein, citronensaures Kali, äpfelsaures Kali, zweifachäpfelsauren Kalk etc., enthält, wird in Wasser aufgeweicht und mit 50procentigem Alkohol vermischt, welcher fast Alles wieder ausfällt, außer Kochsalz, Salmiak und vielleicht noch anderen in wässerigem Alkohol löslichen Stoffen.

Das Niedergeschlagene wird nun wieder in Wasser gelöst, mit Essigsäure bis zur schwachsauren Reaction und dann mit neutralem essigsauren Bleioryd versetzt, welches viele organische Stoffe, vor Allem aber verschiedene Säuren, wie Citronen- und Schleimsäure, fällt. Die abfiltrirte Lösung wird warm mit (am besten frisch gefälltem) Bleicarbonat gesättigt, dann wieder essigsaures Bleioryd zugefetzt, welches die nur aus neutralen Flüssigkeiten fällbaren Substanzen, namentlich Oxal-, Äpfel-, Weinstein- und Traubensäure vielleicht nebst einem Rückstande von der sauren Fällung niederschlägt. Die abfiltrirte Flüssigkeit wird nun mit basisch essigsaurem Bleioryd versetzt, so lange etwas niederschlägt, dann verdünntes kohlensäurefreies Ammoniak zugefetzt, weil beim Fällern das basische Bleisalz neutral wurde, durch Ammoniak aber wieder basisch wird, um die Fällung zu vollenden.

Diese drei Niederschläge werden durch Schwefelwasserstoff zerfetzt und absetzen lassen, was oft mehrere Tage dauert, dann auf einem Filter mit schwefelwasserstoffhaltigem Wasser ausgewaschen, weil sich an der Luft etwas Schwefelblei in Dryd umwandelt, das dann im Wasser gelöst mit durchs Filter geht.

Die dadurch erhaltenen 3 Flüssigkeiten werden abgedampft, zur KrySTALLISATION hingestellt oder im Exsiccator eingetrocknet. Für die weitere

Ausziehung  
mit kaltem  
Wasser.

1) Vgl. Berzelius' Handb. d. Chemie. 3. Aufl. 7. Bd. S. 8.

## 446 Analyse der Pflanzen in ihre näheren Bestandtheile.

Behandlung sind keine allgemeinen Regeln möglich. Es lassen sich vielleicht manche Stoffe jetzt mit Alkohol und Äther ausziehen, die zuvor durch die Verbindung mit anderen Stoffen darin unlöslich waren. Man versucht Fällungen mit basisch schwefelsaurem Eisenoryd ( $\text{Fe S}_2$ ), salpetersaurem Quecksilberorydul, Quecksilberchlorid, essigsaurem Kupferoryd, essigsaure Thonerde, Thier- oder Holzkohle etc.

Die mit basisch essigsaurem Blei ausgefällte Flüssigkeit wird durch Schwefelwasserstoff von Bleioryd befreit, zur Austreibung der Essigsäure eingetrocknet, mit 85procentigem Alkohol gemischt, welcher die essigsauren Salze aufnimmt, die Auflösung wird eingetrocknet, die Essigsäure zerstört und die vorhandenen Basen von einander getrennt und quantitativ bestimmt.

Ausziehung  
mit kochendem  
Wasser.

Der Rückstand von der kalten wässerigen Ausziehung wird nun mit Wasser gekocht. Dies zieht vorzüglich Stärkmehl aus.

Ausziehung  
mit verdünnter  
Säuren.

Der Rückstand wird mit durch 90 Theile Wasser verdünnter Schwefelsäure, Salzsäure oder am besten Salpetersäure, die aber frei von aller salpetrigen Säure sein muß, ausgezogen. Die Flüssigkeit enthält organische Stoffe, unorganische basische Salze, oxalsaure Kalkerde, phosphorsaure Erden, Eisenoryd; Manganorydul jedoch nur selten.

Die saure Lösung wird mit Ammoniak ausgefällt und der Niederschlag weiter untersucht; aus der abfiltrirten nicht ganz zur Trockne abgedampften Flüssigkeit fällt Alkohol Dextrin aus etwa rückständigem Stärkmehl.

Die Alkohollösung wird eingetrocknet und auf einem Platinblech erhitzt, wobei sich etwa vorhandener Salmiak sublimirt. Etwaiger Rückstand zeigt eine durch Ammoniak nicht fällbare Basis an, die weiter untersucht werden muß.

Behandlung  
mit verdünnter  
Kalilösung.

Der vom sauren Auszug gebliebene Rückstand wird mit sehr verdünnter Kalilösung gekocht, wobei sich gewöhnlich coagulirter Eiweißstoff, Pektin und Extraktabsatz lösen. Die filtrirte Lösung gibt bei schwacher Übersättigung mit Salzsäure einen voluminösen, oft durch Extraktabsatz gefärbten Niederschlag, woraus concentrirte Essigsäure Eiweißstoff auszieht und Pektin zurückläßt. Eiweißstoff bleibt beim Verdunsten der Essigsäure zurück. Das Pektin wird in Kalihydrat gelöst und durch Zusatz von festem kohlensaurem Kali das pektinsaure Kali unlöslich gemacht. Der Extraktabsatz wird dann durch Säuren gefällt und ebenso die Pektinsäure vom Kali geschieden.

Behandlung  
der rückständigen  
Pflanzenfaser.

Der nun erhaltene Rückstand enthält nur noch Pflanzenfaser mit etwas rückständigem oxalsauren Kalk, man wäscht mit Wasser aus und trocknet im Ölbade. Die Hälfte davon wird zu Asche verbrannt, welche, wenn es bloß Pflanzenfaser war, nicht mehr als  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}\%$  davon beträgt, nicht mit Säuren braust und hauptsächlich aus Kieselerde besteht. Ist die Asche alkalisch, so war nicht hinlänglich ausgewaschen, reagirt sie nicht alkalisch, braust aber mit Säuren, so enthielt die Holzfaser noch oxalsauren Kalk. Die andere Hälfte der Pflanzenfaser wird einige Stunden

mit kohlensaurem Kali gekocht, filtrirt, ausgewaschen, zuerst mit verdünnter Salzsäure, um den kohlensauren Kalk auszuziehen, dann mit Wasser, um die Salzsäure wieder zu entfernen, im Obade getrocknet, gewogen und eingedunstet. Was nun diese Hälfte weniger wiegt, als die erste, sind fremde, der Pflanzensfaser eingemischte Stoffe. Der Auszug mit kohlensaurem Kali wird genau mit Salzsäure gesättigt, die Kohlensäure durch Kochen verjagt und die Flüssigkeit, wenn sie noch sauer ist, mit etwas Ammoniak versetzt und daraus die Oxalsäure mit einer Kalklösung gefällt; die Auflösung muß noch weiter untersucht werden, dann kann endlich der Gehalt an Pflanzensfaser und oxalsaurem Kalk berechnet werden.

Eine besonders abgewogene Quantität von der getrockneten Pflanzensubstanz wird ohne alle chemische Behandlung eingedunstet und die Asche untersucht. Aus der Quantität des kohlensauren Alkali berechnet man die Menge der pflanzensauren Salze mit alkalischer Basis, wozu die vorhergegangene Analyse die zureichende Menge Säuren angeben muß, wenn sie richtig war, der Gehalt an Chlornatrium und Chlorkalium muß mit dem auf nassem Wege gefundenen übereinstimmen.

Man sättigt die Asche mit Essigsäure, trocknet im Wasserbade ein, um die Kieselsäure abzuscheiden, und zieht dann die essigsauren Salze mit wasserfreiem Alkohol aus, trocknet ein und zerstört die Essigsäure durch Glühen. Aus dem Rückstande zieht Wasser das Alkali aus und läßt Kalk und Bittererde zurück.

Was der Alkohol ungelöst ließ, wird schwach geglüht, wobei auch noch viel rückständiges essigsaures Kali zerstört wird. Chlorkalium und Chlornatrium werden mit 60procentigem Alkohol ausgezogen und mit Platinsalz geschieden. Wasser zieht nun schwefelsaures und phosphorsaures Alkali aus. Aus dem Rückstande nimmt Salzsäure die Erden auf und läßt Kieselerde ungelöst. Ammoniak fällt aus der salzsauren Lösung phosphorsaure Kalkerde, oft auch Eisenoxyd. Sodann werden Kalk und Bittererde geschieden. Die selten vorhandene Thonerde fällt mit dem phosphorsauren Kalk nieder. Sie ist auch zum Theil in der essigsauren Lösung zu finden.

Über die genauere Beschreibung dieses Verfahrens vgl. Berzelius' Lehrb. der Chem. 4. Aufl. 1841. 10. Bd. den Artikel „Analyse“ u. Buchner's Grundr. d. Chem. 3. Bd. 1836. S. 520 — 530, ferner letzteren insbesondere über die Analyse wässriger Säfte und saftiger Pflanzentheile S. 530, trockener Wurzeln, Rinden, Hölzer und anderer Pflanzentheile S. 539, öliges Samen 542, mehliges Samen S. 544 u.

Ausmittlung  
der in den  
Pflanzen ent-  
haltenen  
Salzbasen.

### Lebensprozeß der Pflanzen.

Die Entstehung der Pflanzen läßt sich auf verschiedene Weise denken, sie kann stattfinden

über Ent-  
stehung der  
Pflanzen im  
Allgemeinen.

1) aus dem spontanen Zusammentreten rein anorganischer Stoffe zu organischen Verbindungen (Ur- oder mütterlose Zeugung, Generatio primitiva, originaria, aequivoca s. spontanea). Diese Ansicht wird weiter

eingetheilt in die von einer bedingten, generatio determinata, und einer unbedingten Urzeugung, g. indeterminata, je nachdem man sich die Organismen aus den Fäzungsprodukten abgestorbener Pflanzen und Thiere, oder aus anderen eigenthümlichen, nicht aus organisirten Wesen entstandenen, aber doch der organischen Natur entsprechenden Verbindungen einfacher Stoffe (Urmaterie) entstanden denkt. Da indeß die selbstständige Existenz dieser Urmaterie nicht wohl nachzuweisen ist, so können wir uns hier bei der Urzeugung nur auf die erste Art derselben beziehen.

2) Durch selbstständige Entwicklung eines von einer Pflanze abgetrennten lebenden Theiles (Keim) Samenerzeugung, Epigenese oder Epigenese, generatio secundaria s. seminalis.

Die herrschende Ansicht ist dermalen, daß ein lebendes, organisirtes Wesen nur durch Fortpflanzung eines Individuums derselben Art entstehen könne, aus einem von demselben losgerissenen (organischen) Theile, welchem bereits die Fähigkeit inwohnt, sich unter den entsprechenden Umständen selbst zum Organe zu entwickeln, nämlich aus dem Ei oder dem Samen. Diese Ansicht hat man hauptsächlich durch folgende drei Punkte zu begründen gesucht:

Gründe für  
die Samen-  
erzeugung.

1) weil verschiedene Arten von Pflanzen und Thieren auch unter verschiedenen Verhältnissen auf, oder in Substanzen verschiedenen Ursprungs entstehen,

2) durch die Entdeckung Ehrenberg's von dem zusammengesetzten Bau jener Thiere, bei denen man vorzugsweise die spontane oder mutterlose Entstehung (Urzeugung) nachweisen zu können geglaubt hatte, nämlich der Infusorien und

3) durch die große Fruchtbarkeit dieser letzteren.

Gründe  
gegen die  
Samenerzeu-  
gung.

Was die angegebenen 3 Hauptstützpunkte für die Ansicht betrifft, daß lebende Wesen nur durch Fortpflanzung entstehen können, so läßt sich Manches dagegen einwenden:

1) daß bestimmte Arten von Individuen auch unter verschiedenen Verhältnissen, d. h. aus verschiedenen Stoffen entstehen, scheint der spontanen Erzeugung aus diesen Stoffen ebensowenig zu widersprechen, als der Möglichkeit, daß lebende Wesen immer die ihnen zusagende Nahrung in diesen verschiedenartigen Substanzen finden. Wenn eine und dieselbe Pflanze auf einer gewissen Bodenart fortfährt, im Wesentlichen ganz die nämlichen Stoffe zu assimiliren, welche sie zuvor auf einem ganz verschiedenen assimilirt hat, oder wenn eine Pflanze aus dem ihr zusagenden Boden in den einer anderen Pflanze zusagenden versetzt, nicht den Charakter der letzteren annimmt, warum sollte dieses Verhältniß nicht auch gleich bei der Entstehung eines Individuums stattfinden können, so, daß also im Entstehen desselben gerade so, wie beim Lebensprozeß selbst, durch gewisse uns jetzt noch (wie die Lebenskraft überhaupt) völlig unbekannte Verhältnisse aus den verschiedenartigsten Verbindungen ganz gleichartige ausgeschieden werden, wenn nur die Bestandtheile der letzteren überhaupt

in den ersteren enthalten waren, oder wenigstens die Umgebung (Luft und Wasser) die fehlenden zu ergänzen vermochte.

2) Was den Widerspruch betrifft, daß aus leblosen, nicht organisirten Substanzen unmittelbar nicht Organismen von so vielfacher Zusammensetzung, wie z. B. die Infusorien entstehen könnten, so braucht man auch durchaus nicht anzunehmen, daß solche Organismen gleich in ihrer vollständigen Ausbildung der leblosen Materie entwachsen, sondern es können bei der spontanen Entstehungsweise dieselben Entwicklungsstufen gedacht werden, wie bei der Entstehung aus Samen oder Eiern.

3) In der großen Fruchtbarkeit der Infusorien hat man eine Fürsorge von Seite der Natur gesehen für ihre Fortpflanzung, da erst von einer sehr großen Menge Eier ein ganz kleiner Theil einen ihrer Entwicklung günstigen Boden erreicht, allein diese Fruchtbarkeit scheint in dem niederen Entwicklungsgrade solcher Wesen an und für sich begründet zu sein, indem bei denselben die zur Erzeugung eines Individuums erforderliche polare Spannung in einem so untergeordneten Grade stattfindet, daß sie sich um so viel öfter wiederholen kann, als sie bei den weiter entwickelten Thieren eine höhere Potenzirung erreicht. Sie finden bei ihrer Kleinheit weit leichter den nöthigen Raum und hinreichende Nahrung und müssen selbst, wenn sie höheren und zugleich größeren Thieren zur Entwicklung, zur Nahrung dienen, zu diesen in einem solchen Zahlverhältnisse stehen. Wenn sie sich aber wirklich schwierig entwickeln, so mag dies ebensowohl für den Ort ihrer Entstehung gelten, als für andere Räumlichkeiten, in welche sie sich verpflanzen sollen.

Ferner, hat man noch eingewendet, würde die Natur die Pflanzen und Thiere, welche spontan entstehen können, immer so und nicht auch bisweilen aus Samen oder Eiern entstehen lassen, allein warum gibt es dann z. B. so viele Pflanzen, welche sich zugleich durch Samen und durch Sprossen, Zwiebeln oder Knollen fortpflanzen?

Andere zu Gunsten dieser Ansicht sprechende Beobachtungen lassen sich auch leicht anders deuten, wie z. B. die von Schwann, wonach in einem Fleischinfusum keine Infusorien entstehen, wenn es zum Kochen erhitzt worden war. Es kann nämlich durch Temperaturerhöhung eine Abänderung in der chemischen Constitution des Fleischauszugs eintreten, welche eine Entstehung von Infusorien auf längere Zeit nicht mehr zuläßt.

Man hat die plötzliche Entstehung gewisser Pflanzen bei dem Eintritte der ihnen entsprechenden Verhältnisse auf einem Boden, welcher sie zuvor nicht erzeugte, daraus erklären wollen, daß die Samen, welche früher unter ungünstigen Verhältnissen in denselben Boden gekommen waren, stets zu Grunde gegangen, oder unentwickelt im Boden liegen geblieben seien. Allein bei der großen Menge, in welcher sich gewöhnlich solche Pflanzen gleich Anfangs zeigen, kann man gewiß nicht annehmen, daß nicht ein mal ein kleiner Theil jener Samen sich sollte entwickelt haben, welche früher unter ungünstigen Verhältnissen auf einen Boden kamen, da solche Samen, wenn man sie auch unter noch viel ungünstigeren Verhältnissen in den

Boden bringt, fast nie ermangeln, aufzugehen und sich zu entwickeln, mag auch ihr Wachsthum weniger üppig sein, als in dem ihnen gerade entsprechenden Boden; und wenn dieselben auch auf dem ungünstigen Boden allmählig wieder ausgehen, so hätte man doch z. B. immer einzelne Feldpflanzen in Wäldern beobachtet haben müssen, wenn ihre Samen ebenso vor als nach Ausrottung der Wälder dahin gelangt wären, und umgekehrt in unbewaldeten Gegenden einzelne Waldpflanzen, welche man so schnell und so reichlich nach der Anlage von Wäldern beobachten kann. So erscheint häufig binnen Jahresfrist an Orten, wo Buchen gerodet wurden, die Tollkirsche, während vielleicht mehrere Stunden und Meilen im Umkreis nirgends Tollkirschen zu finden sind, von denen man die Samen durch den Wind verbreitet, oder wegen ihrer Giftigkeit noch weniger durch Thiere herbeigebracht glauben könnte. Wie kommt ferner der Same der Mistel (*Viscum album*) zwischen die Rinde der Bäume?')

Wollte man aber für die Pflanzen von der Analogie einen Beweis hernehmen, daß wohl Niemand an die spontane Erzeugung höherer Thiere glauben wird, so möchte sich das Ausbleiben ihrer spontanen Entstehung in unseren Tagen daraus erklären, daß die Erdrinde durch die letzten großen Umwälzungen in der Art verändert worden ist, daß sie jetzt nur mehr die Bedingungen zur spontanen Entstehung von Pflanzen und niederen Thieren hervorbringt.

Die Geologie lehrt uns, daß in den verschiedenen Bildungsperioden der Erdrinde die Thier- und Pflanzengattungen nicht auf einmal, sondern allmählig, d. h. einige, und zwar gerade die höher entwickelten, erst dann entstanden, als andere und zwar unvollkommenere schon längst vorhanden und oft auch schon wieder verschwunden waren. Wenn demnach die mannfaltigen Organismen offenbar zu verschiedenen Zeiten entstanden sind, in welchen ihnen gerade die Beschaffenheit des Bodens und der Luft am günstigsten war, so kann es doch gewiß als keine Unmöglichkeit angesehen werden, daß auch an gewissen Orten neue Organismen entstehen können, sobald die ihrer Entstehung günstigen Verhältnisse dort eintreten.

Übrigens dürfte es immerhin naturgemäßer erscheinen, bloß die Annahme einer spontanen Erzeugung von Samen und Eiern, nicht aber unmittelbar von wirklichen Individuen anzunehmen, wonach das Ei den Übergang vom einfachen, unorganisirten zum zusammengesetzten Organismus bilden würde, so daß Harvey's Ausspruch: *Omne vivum ex ovo* ungeschmälert seine Geltung behalten möchte.

Die Pflanze findet alle ihre Bestandtheile in der anorganischen Welt und man darf glauben, daß dieselbe unbekannte Kraft, welche das Leben der einmal entstandenen Pflanze aus unorganischen Stoffen erhält, auch ihre Entstehung aus denselben zu bedingen vermag, und da doch ursprünglich alles Zusammengesetzte aus dem Einfachen abstammen — alles

1) Vgl. auch Rust in den ökonom. Neuigkeiten und Verhandlungen 1845. Nr. 70 und Forst- u. Jagdzeitung, 1839. S. 359 und 511.

Organische einmal aus dem Anorganischen entstanden sein muß, so ist nicht einzusehen, warum nicht wenigstens für manche Arten von Individuen auch jetzt noch die erforderlichen Verhältnisse stattfinden sollten, daß sie direct aus anorganischen, oder aus leblosen (zerfesten) organischen Stoffen entstehen können, ohne einer Fortpflanzung oder Theilung von Individuen zu bedürfen.<sup>1)</sup>

Was der Chemie bis jetzt gelungen ist, betrifft bloß die Herstellung von nicht organisirten Stoffen, welche sonst nur als Rückbildungsprodukte aus assimilirt gewesenen Stoffen vorkommen. Man hat bisher in der That nur die Entstehung der Pflanzen aus schon organisirter Grundlage, aus dem Keime beobachtet. Über den Urfang des Keimes aber wissen wir nichts.

Man hat zwar die von den allgemeinen chemischen Gesetzen so sehr abweichenden chemischen Gesetze der Lebenskraft dadurch mit letzteren in Einklang zu bringen gesucht, daß man die Wirkung der Lebenskraft in den Organen mit der Contactverwandtschaft (s. S. 15) verglichen hat, wodurch z. B. die Schwefelsäure das Stärkmehl und Wasser zu Zucker vereinigt. Man könne bereits so viele organische Verbindungen, wie Gummi, Zucker, Benzoe-, Zimmt-, Valeriansäure auf künstlichem Wege darstellen, und wenn man auch viele andere so noch nicht habe erhalten können, so ließen sich ja umgekehrt auch viele Verbindungen künstlich hervorbringen, welche noch nicht durch den Organismus seien erzeugt worden. Allein die Sache ist damit noch nichts weniger als erledigt, wenn man bedenkt, daß der Unterschied zwischen Lebenskraft und gewöhnlicher Verwandtschaft weit weniger in der Verschiedenheit der Verbindungen liegt, welche beide hervorbringen, als darin: Die gewöhnliche Verwandtschaftskraft erzeugt stets nur gleichartige — mechanisch einfache Körper, die Lebenskraft aber ungleichartige, d. h. mechanisch in einer bestimmten Ordnung zusammengesetzte Körper (Organe und Organismen).

Dieser Unterschied widersteht sich für jetzt noch jeder Analogie und Erklärung, und es läßt sich danach vorläufig die Annahme einer von der gewöhnlichen Verwandtschaftskraft völlig abweichenden chemischen Verwandtschaftskraft rechtfertigen, welche wir Lebenskraft nennen. Vermögen wir uns auch die Wirksamkeit der ersteren um nichts besser zu erklären, als die der letzteren, so sind wir mit dieser doch insofern vertrauter, als wir sie vom ersten Anfang an verfolgen können. Wir vermögen selbst die complicirtesten anorganischen Verbindungen ohne alle prädisponirende Mitwirkung schon vorhandener analoger Körper zusammenzusetzen. Bei den lebenden Organismen dagegen haben wir noch nichts, als bloße Assimilation, aber noch keine Entstehung aus Elementen beobachtet. Denn was ist ein Keim anders, als ein Theil eines organisirten Ganzen, der nach seiner Losrennung vom diesem fortfährt zu assimiliren und sich zu entwickeln?

1) Über die Vereinigung beider Ansichten (der Ur- und Samenerzeugung) in chemischer Beziehung vgl. Mulder, Versuch einer allgem. Physiologie. 1844. S. 79.



Von der unmittelbaren Entstehung organisirter Körper aus nicht organisirten wissen wir so wenig, daß man daran zweifeln konnte, ob sie (die *Generatio aequivoca*) nur jetzt überhaupt noch stattfinden.

Man sagt ferner, es sei nichts in der Pflanze, als was von Außen hereingekommen sei, und mit diesen Stoffen können keine anderen als die ihnen eigenthümlichen Kräfte eingeführt worden sein. Was sich im Organismus erzeuge, müsse demnach Alles nach den allgemeinen Gesetzen der Verwandtschaft entstehen. Wir seien deshalb nicht zur Annahme einer eigenen, von der gewöhnlichen Verwandtschaftskraft verschiedenen (Lebens-) Kraft berechtigt, weil die im Organismus erzeugten Verbindungen unter den gewöhnlichen Umständen nicht zu Stande kämen.

Hierauf muß man entgegnen: Daß die Lebenskraft keine wirkliche chemische Kraft sei, mag wohl nur von Wenigen in Abrede gestellt sein. Es kann nur behauptet werden, daß ihre Gesetze von den gewöhnlichen Gesetzen der chemischen Verwandtschaft abweichen. Auch unter den gewöhnlichen Umständen wird die chemische Verwandtschaft durch verschiedene Einflüsse, wie Cohäsion, Wärme, Licht u. modificirt. Von vielen derselben und namentlich vom Licht wissen wir, wie beträchtliche Abweichungen dasselbe auch im Lebensprozeß bewirkt, und doch erzeugt der Organismus so viele Produkte, die außer ihm noch nicht entstanden. Es müssen demnach im lebenden Organismus noch besondere Umstände obwalten, welche die Verwandtschaftskraft so abändern, daß die ihm dargebotenen Elemente sich zu anderen Verbindungen gruppiren, als außer dem Organismus. Diese Umstände sind uns für jetzt noch völlig unbekannt, wir nennen daher diese eigenthümlich abgeänderte Verwandtschaftskraft, oder, wenn man lieber will, den Inbegriff jener unbekannten Umstände, welche die chemische Verwandtschaft in dieser Weise abändern, theils der Kürze halber, theils um unsere Unwissenheit einzugestehen, nicht um sie zu bemänteln, Lebenskraft.

Das Gebiet der chemischen Beobachtungen hat sich also für jetzt blos auf die Entwicklung des Keimes, auf den Keimungsprozeß erstreckt.

Die  
zur Keimung  
nöthigen  
Bedingungen

Als Bedingungen für das Erwachen der Lebensfähigkeit im Keime hat man Folgendes erkannt:

- 1) Eine feuchte Umgebung, aus welcher der Same eine gewisse Menge Wasser einzusaugen vermag.
- 2) Eine den Gefrierpunkt übersteigende Temperatur, weil, wo das Wasser in fester Form ist, keine Lebenserscheinungen möglich sind. Die Temperatur darf aber ebensowenig  $+ 40^{\circ}$  C. überschreiten, weil das anfangende Leben durch höhere Wärme zerstört wird. Nach Edwards und Colin geht das Keimungsvermögen nicht verloren, wenn man trockene Samen einer Temperatur von  $- 40^{\circ}$  oder  $+ 70^{\circ}$  aussetzt, bei  $+ 75^{\circ}$  aber ist es zerstört. Bei  $+ 45^{\circ}$  hört das Keimungsvermögen in feuchter Erde gleichfalls auf, wiewohl Samen längere Zeit in Wasser von  $+ 50^{\circ}$  C. liegen können, ohne daß alle Körner ihre Keimkraft verlieren, bei einigen aber findet dieses statt. Derselbe Wärmegrad, welcher im Frühlinge die

Lebenskraft der erwachsenen Pflanze erregt, + 10 bis 15° C., erweckt auch im Allgemeinen die Samen zur Keimung.

3) Ruß der Same mit der Luft in Berührung sein.

4) Der unmittelbare Einfluß der Sonnenstrahlen ist dem Keimen nachtheilig. Die Samen sterben, ohne zu keimen. Im zerstreuten Lichte keimen sie zwar, aber viel langsamer als im Dunkeln. Doch ist es den neuesten Beobachtungen zufolge nicht das Licht selbst, welches die Keimung verhindert, sondern die durch dasselbe erzeugte Wärme, welche die Samen austrocknet.

Die den Samen umgebende Erde hat beim Keimen keinen anderen Zweck, als diese drei Bedingungen zu fördern, denn die Keimung erfolgt z. B. auf nassem Fließpapier ebenso gut, als in der Erde. Während das Wasser die organische Masse der Cotyledonen durchdringt, entsteht ein von Wärmeentwicklung begleiteter chemischer Prozeß, welcher aber nur bei den Gräsern etwas genauer studirt ist.

Theorie des  
Keimungs-  
processes.

Das Wasser löst die löslichen Stoffe auf und es bildet sich dabei eine im ungekeimten Samen nicht vorhandene Substanz, die Diastase; welche die Eigenschaft besitzt, die vorhandene Stärke theils in Gummi, theils in Zucker zu verwandeln, welche nun aufgelöst als Nahrungstoff in die entstehende Pflanze übergehen können.

Während des Keimens verbindet sich ein Theil des Kohlenstoffs der Pflanze mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlensäure, welche entweicht, während der Sauerstoff und Wasserstoff des Samens unvermindert in den Keim überzugehen scheinen. Die Samen keimen daher in einer Atmosphäre von Kohlensäure, Wasserstoff und Stickstoff nicht, sondern werden darin beim Vorhandensein der übrigen Bedingungen der Gährung und Fäulniß zerstört, dagegen erfolgt in reinem Sauerstoffgas die Keimung sehr gut. Saussure fand, daß gequollene Samen in Stickstoffgas etwas Kohlensäure entwickeln, nachher aber sterben. Sie liefern also beim Mangel von Sauerstoff in der umgebenden Luft den Sauerstoff selbst, um den Kohlenstoff als Kohlensäure abzuscheiden. Auch etwas Stickstoff wird bei der Keimung von den Samen aufgenommen, jedoch um so weniger, je reicher die Luft an Sauerstoff ist.

Vor der vollständigen Entwicklung der Blätter lebt die Pflanze einzig von den in den Cotyledonen angehäuften Nahrungstoffen. Hartig schnitt die Samenlappen junger Eichen und Buchen ab, bevor die ersten Blätter völlig ausgewachsen waren, sie lebten zwar noch einige Wochen fort und wuchsen noch etwas in die Länge, allein Blätter und Knospen entfalteten sich nicht weiter und nach sechs Wochen waren alle abgestorben. Nach Saussure<sup>1)</sup> dagegen geht das Wasser bei Getreidepflänzchen, wenn man das Endospermium wegschneidet und die Würzelchen in Dammerde setzt, Anfangs zwar etwas langsamer, später aber ebenso gut von statten, als

Ernährung  
der Pflanzen.

1) Krieger's neue Boten. Nr. 461 u. 462; pharm. Centralbl. 1842. S. 308.

bei unversehrten Pflänzchen. Das Humusertract könnte danach (wenigstens bei Monocotyledonen) das Stärkemehl ersetzen.

Sobald die Pflanze ihre Entwicklung aus dem Keime vollendet hat, assimiliert sie die ihr von Außen dargebotene Nahrung ihrer Natur, d. h. dem Prozesse gemäß, welcher durch die Bedingungen ihrer Entstehung in ihr angeregt worden ist. Bei einer und derselben Nahrung behauptet jede Pflanze ihren chemischen Charakter, ihre eigenthümliche Zusammensetzung. Ihre spezifische Verschiedenheit beruht daher auf den verschiedenen Verhältnissen, in welchen die Nahrungsstoffe in jeder Pflanzenart durch die Assimilation zusammentreten. Die Nahrungsstoffe selbst sind der Hauptsache nach immer dieselben.

Ursprung der  
Pflanzennahrung,

Man unterscheidet bei den Nahrungsstoffen der Gewächse eine anorganische und eine organische Pflanzennahrung. Erstere besteht in Stoffen, welche sich in den Pflanzen wieder als anorganische Säuren, Basen und Salze erkennen lassen, letztere in solchen Substanzen, deren elementare Bestandtheile bei der Assimilation sich zu ganz neuen, den sogenannten organischen Verbindungen gruppieren, während sie selbst ursprünglich organischer Natur sein mögen, wie die Humusäure, oder anorganischer, wie Wasser oder Kohlenäure etc.

a) der anorganischen.

Was man demnach unter den anorganischen Nahrungsstoffen versteht, kann von den Pflanzen, insofern diese Substanzen nicht flüchtiger Natur, also nicht von der Luft zuführbar sind, nur aus dem Boden aufgenommen werden. Dies hat man indessen früher bezweifelt, weil der Boden gerade von denjenigen Stoffen, die man in der Pflanze findet, oft nur wenig, zuweilen gar nichts zu enthalten scheint. Man glaubte sich daher zu der Annahme berechtigt, daß diese Stoffe durch den Lebensprozeß mittelst Umwandlung aus anderen Elementen und ihren Verbindungen erzeugt würden. Allein es zeigte sich, daß Pflanzen, welche sich in einem von allen auflöslichen Substanzen freien Boden entwickeln, auch gerade nur so viel anorganische Bestandtheile enthalten, als die Samen, aus denen sie sich darin erzeugten, wie sich namentlich aus den sorgfältigen Untersuchungen von Polstorff und Wiegmann ergibt. Sie fanden, daß der Same von *Lepidium sativum* in einem mit fein geschnittenem Platindrath gefüllten Platintiegel gesäet, mit reinem destillirten Wasser befeuchtet und sorgfältig gegen Staub geschützt, Pflänzchen lieferte, deren Asche gerade so viel betrug, als die des Samens. Als sie dagegen den Samen in mit Königswasser ausgezogenen Quarzsand säeten, war der Aschengehalt der unter den nämlichen Umständen gezogenen Pflänzchen doppelt so groß. Bei der Untersuchung des Sandes fand sich, daß er ungeachtet der Behandlung mit Königswasser noch 3,1% an Kali, Kalk, Magnesia, Thonerde und Eisenoryd enthielt, welche nach monatelanger Behandlung mit kohlensäurehaltigem Wasser (durch Verwitterung) daraus abgeschieden wurden. Als sie denselben Samen auf einen dem natürlichen Boden künstlich nachgebildeten säeten, trugen die Pflanzen sogar Früchte und lieferten 5—6 Mal so viel Asche, als der Same.

Diese Versuche beweisen, daß auch der reinste Quarzsandboden immer noch Verbindungen enthalte, welche allmählig durch Verwitterung zersetzt, den Pflanzen die nöthigen Basen liefern und daß jene Menge anorganischer Stoffe, welche die Pflanze mehr, als der Same enthält, jeder Zeit von Außen aufgenommen wird und zwar ausschließlich aus dem Boden.

Die Bodenbestandtheile, welche von den Pflanzen aufgenommen werden sollen, müssen aber in flüssiger Form vorhanden sein, um die Zellwände durchdringen zu können, welche die feinsten Filter darstellend von keinen ungelösten Stoffen durchdrungen werden (vgl. S. 458). Das Regenwasser führt die mineralischen Theile des Bodens in aufgelöster Form theils unmittelbar den Wurzeln zu, theils in die Tiefe des Bodens. Dort werden sie zwar von den Wurzeln nicht mehr erreicht, aber bei trockenem Wetter steigt das hinabgeschwemmte Wasser mit den darin gelösten Substanzen durch Capillarität wieder in die oberen Schichten herauf, wo sich die durch starken Regen verdünnte Auflösung durch Verdunstung wieder concentrirt.

Die Alkalien sind schon in reinem Wasser, Kalk- und Talkerde als Carbonate und Phosphate in kohlensäurehaltigem, in Verbindung mit Humusäure auch in reinem Wasser löslich. Eisen- und Manganoryd werden durch die Verwesung organischer Stoffe zu Drydul reducirt und sind dann gleichfalls als Bicarbonate löslich. Man sieht dies deutlich, wo eine Wurzel in einer durch Eisenoryd gefärbten Erde verweilt. Rund um die Wurzel entsteht ein weißer Fleck, indem das Eisenoryd reducirt und als Drydul weggeführt wird.

Auch bei der Verdunstung des Seewassers werden Salze als feiner unsichtbarer Staub mit emporgerissen, welche durch die Winde nach allen Richtungen vertheilt, bei ruhigem Wetter auf den Boden niederfallen.

Das Nähere über die anorganischen Nahrungsstoffe der Pflanzen findet bei der Bodenkunde Berücksichtigung.

Auch in Bezug auf die organischen Nahrungsstoffe ist viel darüber gestritten worden, ob sie die Pflanzen bloß aus der Luft, oder aus der Luft und aus dem Boden zugleich aufnehmen. Zur ersteren Ansicht haben vorzüglich die Beobachtungen geführt, daß Pflanzen in einen Boden aus völlig unlöslichen Substanzen, wie Schwerspath, Schwefelblumen u. dgl. gesät oder gepflanzt sich entwickeln und lange gedeihen, ja daß man einen ausgewaschenen Seesand, worin kaum eine Spur von Nahrungstoff (Humus) zu finden ist, mit Kiefern anbauen kann, welche in 50 Jahren nicht nur dem Boden eine reichliche Beimengung und Decke von organischen Stoffen liefern, sondern auch eine große Masse Holz erzeugen.

Allein man darf nur die meisten Topfpflanzen betrachten, wenn sie im zweiten Jahre nicht in neue Erde versetzt werden, sie kommen herab zu wahren Miniaturgestalten. Dasselbe ist der Fall mit Pflanzen auf magerem Boden, welche jährlich geerntet werden. Bedenkt man auf der anderen Seite, wie auf nackten Felsen, durch Entstehung von Flechten, darauf folgende Moose und endlich auch Pflanzen höherer Art nach Jahren ein fruchtbarer Boden entsteht, ebenso wie bei einem Kieferwalde auf aus-

b) Ursprung  
der organi-  
schen Pflanzennahrung.

gewaschenem Sande, so muß es einleuchten, daß es nicht einerlei sein kann, ob die Stoffe, welche sich die Pflanzen jährlich aus der Luft assimiliren, durch die Verwesung der Pflanzen oder des abfallenden Laubes an Ort und Stelle dem Boden wieder einverleibt werden, oder als Stroh und Futter in die Scheune gelangen.

Hierdurch wäre die Annahme der ausschließlichen Ernährung aus der Luft widerlegt, aber obige Versuche hätten doch noch immer die Geltung, daß der Reichthum des Bodens an assimilirbaren Stoffen zwar allerdings zur üppigeren Entwicklung der Pflanzen beitrage, allein durchaus keine unumgängliche Bedingung zur vollkommenen Ausbildung der Pflanze bilde, da sie, wenn auch weniger üppig, auf dem magersten (aller auflösblichen Stoffe beraubten) Boden existiren könne. Allein das Samenforn oder ein abgeschnittener Zweig bringen so viel Nahrungsstoffe mit in den mageren Boden, daß sie darin, wenn er nur feucht genug ist, wie ein in Wasser gestellter Zweig so lange fortzuleben vermögen, bis der in dem Samenforn oder Zweige vorhandene Nahrungstoff zersetzt und erschöpft ist. Der magerere, aber feuchtere Boden unterscheidet sich hier nur vom bloßen Wasser durch seine Porosität, welche den Luftzutritt zu dem unter der Erde befindlichen Samen oder Zweigende vermittelt. Dieser Luftzutritt aber ist nöthig, um den vorhandenen Nahrungsvorrath zur Keimung oder Wurzelbildung verwendbar zu machen. Ehe aber schon letztere beginnt, beobachtet man bei Pflanzenzweigen eine so starke Absonderung, daß das Wasser, in welches man dieselben gestellt hat, ganz braun davon gefärbt wird. Diese Ausscheidung aber unterliegt sogleich einer Veränderung unter dem Einflusse der Luft und des Wassers, und so wird durch diese Verwandlung aus einem Ausscheidungsstoffe wieder ein neuer Nahrungstoff.<sup>1)</sup> Die Veränderung dieser Ausscheidungsstoffe an der Luft geht so schnell von statten, daß man sie hier gar nicht verfolgen kann; allein daß wirklich eine Veränderung daran stattgefunden habe, sehen wir an dem Farbwechsel der ausgeschiedenen Substanz. Sie hat in der Regel eine braune Farbe, welche so intensiv ist, daß der frisch ausgepresste Pflanzensaft nicht farblos oder wenigstens nicht hellfarbig sein könnte, wenn die braune Färbung nicht erst an der Luft entstanden wäre. Sie scheint mit der Farbveränderung des Nahrungsaftes gleichen Schritt zu halten, welche nach einigen Minuten an der Luft erfolgt, wie man dies sieht, wenn man z. B. einen frischen Zweig zerbricht, wo die weißen Bruchflächen nach kurzer Zeit braun werden.

Die Erklärung des Keimens in unlöslichen Substanzen hat noch weniger Schwierigkeit, weil zur Keimung nichts als Wasser und Luft von entsprechender Temperatur erforderlich ist.

Die Wurzelausscheidung vermag indessen nicht mehr zu leisten, als die höchst sparsame Fortdauer der Pflanze zu sichern, außer bei den Pflanzen,

---

1) R. Hermann hat gefunden, daß die extraktiven (also an der Luft bereits veränderten) Bestandtheile der Pflanzensäfte aus Modersubstanzen (Humus-, Quell-, Quellsäure u.) bestehen.

wo die entwickelte Thätigkeit der Blätter, wie bei den Cactusarten, die Bodennahrung entbehrlicher macht. Sonst ist aber zum Wachsthum der Pflanze jederzeit die Auffparung des Laubes für den Boden nöthig, wie dies auch in den Wäldern geschieht.

Die Pflanzennahrung aus dem Boden ist also der aus der Luft in Beziehung auf die Priorität der Entstehung untergeordnet, aber zur Entwicklung der meisten Pflanzen völlig unentbehrlich. Wahrscheinlich ist sie es aber auch zu ihrer bloßen Fortdauer, doch steht letzteres noch so lange in Frage, bis es gelungen sein wird, bei einem Versuche die Wurzelabscheidung sogleich aus der Umgebung der Pflanze abzuleiten, was aber so leicht nicht gelingen möchte, weil durch Anwendung von zu vielem Wasser auch noch andere Störungen, namentlich die des Luftzutrittes herbeigeführt werden. Der bei Weitem größte, oder organische Theil der Bodennahrung scheint also aus der Luft durch die Pflanze selbst in die Erde gelangt zu sein. Ob aber die Nahrungsstoffe der Luft nicht auch aus dem Boden abstammen, oder sich von vornherein in der Luft vorfinden, ist eine Frage, die erst mit jener erledigt werden wird, ob zuerst der Same, oder die Pflanze existirt habe.

Daß übrigens die Bodennahrung gegen die aus der Luft keine verschwindende Größe sei, ergibt sich hinlänglich aus der vielfachen Zunahme einer aus magerem auf fetten Boden versetzten Pflanze, so wie auch daraus, daß die Wurzel sich mit derselben Masse von Verzweigungen im Boden ausbreitet, wie die Zweige in der Luft. Diese Ausbreitung hat aber offenbar nicht den bloßen Zweck, der Pflanze Feuchtigkeit zu liefern, sonst würde es nur Wasserpflanzen geben, da sich die Pflanze den ihr am besten zusagenden Standpunkt selbst wählt, d. h. der Same nur da gekeimt, wo er die nöthige Nahrung findet, die Cacteen der Tropenländer können unmöglich in dem ausgetrockneten Boden der heißen Zone Feuchtigkeit suchen, da sie dieselbe viel reichlicher in der Luft finden. Es scheint vielmehr der Boden außer zur Wasserzuführung bestimmt zu sein, die von der Wurzel ausgeschiedenen Stoffe vor Verdunstung zu schützen, ohne dieselben, wie dies im reinen Wasser geschieht, zu sehr zu verdünnen, und zugleich durch seine Porosität den Luftzutritt zur Drydation der organischen Nahrungsstoffe zu gestatten, da zu nasser Boden den Landpflanzen so wenig zusagt, als bloßes Wasser ohne Erde.

Ganz ausgemagerter (von allen auflösblichen Substanzen befreiter) Boden ist also gleichsam ein Behälter für die Wurzel, worin sich so viel Wasser vorfindet, daß ihre Excremente (*sit venia verbo*) nicht vertrocknen, wie dies an oberirdischen Theilen, z. B. an den Blättern der Fall ist, sondern sich in feuchtem Zustande unter Mitwirkung der Luft wieder in Nahrungsstoffe verwandeln können; denn auch bei Pflanzen in fließendem Wasser ist der Abfluß desselben an den Stellen, wo Pflanzen wachsen, immer gehemmt, theils durch Anhäufung von Wurzeln, theils durch örtliche Verhältnisse. Ferner haften bei Wasserpflanzen die Ausscheidungsstoffe als

eine bräunliche Substanz nach Brugman's Beobachtung<sup>1)</sup> an den Wurzeln, wo sie nach Einwirkung der im Wasser gelösten Luft gleich wieder aufgesogen werden können. Endlich ist aber nicht bloß bei stehenden, sondern auch bei fließenden Wässern der Gehalt an aufgelösten organischen Stoffen keinesweges unbedeutend, obgleich die Wasserpflanzen durchschnittlich arm an festen Bestandtheilen sind, so daß sie also nur sehr verdünnter Auflösungen organischer Stoffe bedürfen.

Für die Annahme, daß die Ausscheidungsstoffe der Wurzel von derselben später wieder aufgenommen werden, spricht besonders der Versuch des Fürsten von Salm-Horstmar (S. 391).

Die Bodennahrung ist nur zum Wachsthum nöthig, zur bloßen Fortdauer des Lebens reicht die von den Blättern ausgenommene Luftnahrung hin, wie in der Zeit zwischen dem Laubfall und der Saftbewegung, wo noch keine in der Pflanze angehäuften Nahrungsstoffe in Anspruch genommen werden.

Man kann demnach im Allgemeinen aufstellen: Die Pflanzen nehmen die Nahrung zur Fortdauer des Lebens aus dem Boden, zum Wachstume aber aus Boden und Luft zu gleicher Zeit. Aus dem Boden schöpft die Wurzel, aus der Luft die Blätter die zu assimilirenden Stoffe. Vor der Entwicklung der Blätter empfängt der Keim seine Nahrung aus dem Samen, die Knospe aus dem Materiale, welches sich zu diesem Ende nach dem Aufhören des Wachsthumes nach Außen, vom August bis zum Winter im Holze und in der Rinde ansammelt. Es bliebe nun noch übrig zu ermitteln, auf welche Weise diese Aufnahme stattfindet und welche Stoffe die Pflanze aus dem Boden, welche aus der Luft aufnimmt.

Function der  
Wurzel.

Was den Aggregatzustand der aufzunehmenden Stoffe betrifft, so sind hierzu bloß tropfbar flüssige und gasförmige Körper geeignet. Die Wurzeln nehmen sie vorzugsweise in flüssiger, die Blätter in luftartiger Form auf.

Man hat die Aufsaugung der Wurzeln aus der Capillarität poröser Körper zu erklären gesucht, aber sie allein kann diese Aufsaugung nicht bewirken, denn mit derselben Kraft, womit Haarröhrchenporen aufsaugen, halten sie auch die Flüssigkeiten zurück, allein die Wurzel gibt sie beständig wieder ab, so daß sie bis in die äußersten Theile der Pflanze gelangen.

Besser läßt sich daher die Aufsaugung und zugleich die Ausscheidung von Flüssigkeiten durch die Wurzel erklären nach den Gesetzen der Endosmose, wonach eine durch zwei verschiedenartige Flüssigkeiten getrennte häutige Scheidewand vermöge einer Art von Auflösung, wobei sie aber nicht flüssig wird, von der einen mehr aufnimmt als von der andern, so, daß vermöge der geringeren Fähigkeit von Seite der dichteren Flüssigkeit, die Scheidewand zu durchdringen, die Flüssigkeit in größerer Quantität nach dem Behälter anströmt, worin sich die dichtere befindet, während umgekehrt von letzterem nur eine verhältnißmäßige kleine Menge zur anderen herübergeht; diesen entgegen-

1) Diss. de Lollo ejusdemque varia specie L. B. 1785.

gefesten schwächeren Strom hat man *Exosmose* genannt.<sup>1)</sup> Die *Endosmose* kommt jedoch nicht immer auf Seite der dichteren Flüssigkeit, sondern überhaupt auf Seite derjenigen, welche die Membran am schwierigsten durchdringt. So geht durch eine thierische Membran Wasser zum Alkohol, durch ein Kautschukblättchen hingegen Alkohol zum Wasser, weil erstere leichter von Wasser, letzteres leichter von Alkohol durchdrungen wird.

Da nun durch die Verdunstung an der Peripherie der Pflanze die aufgenommene Flüssigkeit fortwährend concentrirt wird, so muß die Aufsaugung durch die Wurzel auf der stärkeren Einstromung der dünneren Bodenfeuchtigkeit zum dichteren Nahrungssafte in der Pflanze und die Ausscheidung der Wurzel auf der geringeren Ausströmung von der dichteren Flüssigkeit in der Pflanze nach der dünneren im Boden beruhen.

Bei höherer Temperatur wird mehr Wasser durch die Pflanze verdunstet und demnach auch mit diesem Wasser mehr feste Stoffe in aufgelöster Form von der Pflanze aufgenommen, als bei niedriger, daher auch die zunehmende Wärme der Witterung, der Jahreszeit und des Klima's das Wachsthum der Pflanze befördert. Bei der Nacht, wo die Verdunstung durch die Pflanze geringer ist, findet die Anziehungskraft der Bodenflüssigkeit weniger Widerstand in der Dichtigkeit des Pflanzensaftes, daher nach Macaire-Prinsep's Versuchen die Wurzel bei Nacht mehr ausschleibt als bei Tage.

Wird der Saftstrom von Unten nach Oben künstlich unterbrochen, z. B. durch Ablösung eines ringförmigen Rindenstreifens, so concentriren sich die Säfte im oberen Theile. Derselbe trägt reichlicher Blüten und Früchte, letztere reifen schneller, die Blätter fallen früher ab und der Theil wird stärker im Holze, als der unter dem Schnitte. Die gezwungene Annahme eines eigenthümlichen absteigenden Rindensaftes wird nach dieser einfachen Ansicht entbehrlich. Die Natur der von der Wurzel ausgeschiedenen Stoffe ist noch nicht erforscht.

Sowohl organische als anorganische Stoffe, welche für Thiere Gifte sind, sind es auch für Pflanzen; sowohl Auflösungen als Gase. Sie scheinen mit den Bestandtheilen ihrer Organismen Verbindungen einzugehen, durch welche der ursprünglich in der Pflanze angeregte chemische Prozeß (Lebensprozeß) vernichtet wird.

Wirkung  
der Gifte auf  
Pflanzen.

Säuren tödten die Pflanzen auch noch bei sehr großer (mehrere hundertfacher) Verdünnung nach 1 bis 2 Tagen. Selbst kleine in der Atmosphäre zerstreute Mengen werden der Vegetation noch auf große Entfernung schädlich, wie dies die Säuren- und Sodafabriken zeigen, wo man Salzsäure aus Chlornatrium abscheidet, während Menschen und Thiere nicht merklich davon afficirt werden. Wenn Pflanzen durch kleine Mengen verdünnter Säuren durch Äßung zu Grunde gehen, von denen sie selbst

1) Vgl. auch Papier über den Einfluß der Electricität auf *Endosmose* im *Philosophical Magaz.* Juli 1846. S. 10; *Ann. d. Chem. u. Pharm.* v. Bödler u. Liebig. 60. S. 146—151.



große Mengen enthalten, wie der Sauerrampfer und Sauerklee durch Sauerklee-säure, so muß dies daher kommen, daß die sauren Säfte in eigenen Zellen abgefondert werden, auf welche sie keine Einwirkung zu haben scheinen, während diese Einwirkung auf andere Zellen sehr augenscheinlich ist. Weit weniger nachtheilig wirken Alkalien, und in hinreichend kleiner Menge befördern sie sogar die Vegetation.<sup>1)</sup> Scharf narkotische Pflanzenstoffe wirken auch auf jene Pflanzen giftig, von denen sie erzeugt werden.<sup>2)</sup>

Die Pflanze nimmt Alles auf, was in ihre Umgebung kommt, und daher auch die Gifte, weil sie keine andere Wahlfähigkeit für die Auffaugung besitzt, als die, welche sich aus der größeren endosmotischen Anziehung des Pflanzenstoffes gegen den einen oder anderen Stoff ergibt. Jede Flüssigkeit ist zur Aufnahme untauglich, welche nach ihrer specifischen Natur wie Alkohol, oder nach ihrer Consistenz wie concentrirte Gummi- und Zuckerlösung die Endosmose unmöglich macht.

Obgleich aber die Pflanze für die aufzunehmenden Nahrungsstoffe kein Wahlvermögen besitzt, so entbehrt sie doch desselben keinesweges für die Assimilation des Aufgenommenen. Sie lagert die nicht assimilirbaren Substanzen in der Rinde und auf der Oberfläche der Wurzeln ab, oder gibt sie in Auflösung als Wurzelabscheidung dem Boden zurück und sucht sich insofern auch den zu ihrer Ernährung tauglichen Boden aus, indem sie nur in einem solchen zur vollständigen Ausbildung gelangt, während sie sich in einem ihrer Constitution nicht angemessenen Boden nur unvollständig oder gar nicht entwickelt. Weil ferner eine einfache Verlängerung des Stammes zwar zur Befestigung der Pflanze im Boden hinreichen würde, aber der angrenzende Boden bei der kleinen Berührungsfläche bald an Nahrungsstoffen erschöpft sein würde, so breitet sich die Wurzel nach allen Richtungen im Boden fortwährend aus, um einerseits die Pflanze mit einer größeren Masse des Bodens in Berührung zu bringen, andererseits um beim Fortrücken ihrer Fasernendigungen von Stelle zu Stelle immer neuen noch nicht erschöpften Boden zu finden.<sup>3)</sup> Die

1) Vgl. Braconnot über die verderbliche Einwirkung sehr verdünnter Säuren u. auf die Vegetation in den Ann. de Chim. et de Phys. Oct. 1846. S. 157; Dingler's polyt. Journ. Bd. 103. 1847. S. 380—389.

2) Nach anderen Versuchen dagegen (Forst- und Jagdzeitung. 1833. S. 268) wirken Pflanzengifte, wie Salappe, Gummigutt, Tabak, Schierling, Rieswurz, Euphorbiengummi, spanischer Pfeffer u. sogar als Düngmittel und nur dann nachtheilig, wenn die Auflösungen derselben in Gährung übergehen, unter welchen Umständen aber auch indifferente Stoffe, wie Zucker, Gummi und viele Farbstoffe dieselbe Wirkung haben sollen.

3) Die Wurzel breitet sich natürlich vorzugsweise nach der Richtung aus, von welcher ihr der größte Nahrungszufluß kommt. So ist z. B. im allgemeinen Anzeiger der Deutschen 1846 S. 3292 eine Beobachtung angeführt, wo eine an der Grenze eines mageren Grundstückes stehende Repspflanze ihre Hauptwurzel mehrere Fuß lang in horizontaler Richtung in das anstoßende stark gedüngte Feldstück ausgedehnt hatte, indem sie nach dieser Seite den reichlichsten Zuwachs erhielt. Andere solche Beispiele s. unter „Zweck der Bodendecke“.

Pflanze findet in dieser Einrichtung einen Ersatz für die nur den Thieren zu Theil gewordene Fähigkeit der freien örtlichen Bewegung und der Auswahl seiner Constitution angemessener Nahrungstoffe.

Nach Bouchard widerstehen die Pflanzen der schädlichen Einwirkung von Giften um so mehr, je besser der Boden ist, worauf sie stehen. So widerstanden Sensitiven, Menthen, Mais- und Bohnenpflanzen dieser Einwirkung länger, wenn sie in einem sandigen Boden mit Wasser begossen wurden, welches  $\frac{1}{200}$  Gewichtstheil kohlensaures oder salpetersaures Ammoniak, Chlorammonium, salzsaures Morphium, oder Chinin, salpetersaures Kali, oder schwefelsaures Eisenorydul enthielt, als wenn sie sich unmittelbar in dieser Flüssigkeit befanden, in schlechter Dammerde widerstanden sie länger, als im Sandboden, und in vorzüglich gutem Boden litten sie erst spät und wenig <sup>1)</sup>, d. h. die Pflanzen werden um so mehr leiden, je mehr sich das mit dem Wasser Aufgenommene auf schädliche Stoffe beschränkt, und um so weniger, je mehr die schädlichen Stoffe durch zugleich mit zugeführte assimilirbare vertheilt werden.

Ein anderer Umstand, welcher auf eine Auswahl unter den Stoffen schließen ließ, welche die Pflanze aufnimmt, ist, daß verschiedene Pflanzen, welche unter gleichen Verhältnissen auf demselben Boden dicht neben einander wachsen, bei der Verbrennung verschiedene Mengen Asche hinterlassen, allein es läßt sich diese Thatsache daraus genügend erklären, daß durch schnellere oder langsamere Verdunstung an der Oberfläche der Pflanze die Aufnahme des Wassers und der darin gelösten Stoffe aus dem Boden modificirt wird. Daß aber von verschiedenen Pflanzen einem und demselben Boden verschiedene Stoffe vorzugsweise entzogen werden, scheint darauf zu beruhen, daß die nicht assimilirten, oder nicht in der Pflanze abgelagerten Substanzen als Auflösungen wieder durch die Wurzelabscheidung in den Boden übergehen.

Schleiden erklärt die Assimilation eines Theils aus der Anziehung, welche gleichartige Stoffe zu einander haben. Kann man doch aus einer concentrirten Auflösung zweier Salze durch Hineinlegen eines Krystalls des einen oder des anderen Salzes, das erstere oder das letztere auskrystallisiren lassen. Anderen Theils beruht dieselbe nach seiner Ansicht auf der Endosmose oder Exosmose, welche je nach der Anziehungskraft einer Zellmembran gegen die verschiedenen Flüssigkeiten stattfindet. Vgl. S. 459.

Saussure hat nachgewiesen, daß auch der Luftzutritt in die Erde eine unerläßliche Bedingung zur Vegetation ist. Die vom Boden aufgenommene Luft wirkt in dreifacher Beziehung aufs Pflanzenleben: unmittelbar durch Übergang von Sauerstoff in die Wurzel, mittelbar aber einerseits durch Übergang in den Humus, der als solcher von der Wurzel aufgenommen wird, andererseits dabei durch dessen Zersetzung Kohlensäure bildet, welche außer der Wurzel den oberirdischen Theilen zu Gute kommt. Dieser

1) Kriep's neue Notizen aus d. Gebiete d. Natur- u. Heilkunde. Bd. 38. 1846. S. 54.

letztere Theil ist größer oder kleiner, je nachdem der Luftwechsel in und über dem Boden stärker oder geringer ist.

Function der  
Blätter.

Der Zweck der Blätter scheint darin zu bestehen: 1) das überflüssige Wasser im Pflanzensaft zu verdunsten, 2) die übrig bleibende Masse dem Einflusse der Luft auszussetzen.

Das von den Blättern ausgedunstete Wasser, täglich bis 50 Procent ihres eigenen Gewichtes, läßt beim Abdampfen höchst unbedeutende Rückstände von kohlensaurem und schwefelsaurem Kalk, Spuren von Gummi und Harz, wahrscheinlich nur zufällig beigemengte Stoffe. Bisweilen ist die Verdunstung von einer wirklichen Secretion begleitet, die festen Stoffe bleiben dabei auf der Blattoberfläche zurück, wie beim Honigthau (einer krankhaften Erscheinung) und den Überzügen von kohlensaurem Kalk auf den Blättern mancher Pflanzen, wie beim Armleuchter (*Chara vulgaris*, *Ch. hispida*). Gegen den Herbst hin werden die Blätter trockener und härter, die Verdunstung nimmt immer mehr ab.

Außer der Verdunstung findet bei sehr feuchter Atmosphäre und besonders bei Pflanzen, die vorher sehr stark ausgedünstet haben, auch eine Aufnahme von Feuchtigkeit durch die grünen Theile statt. Bonnet fand, daß auf Wasser gelegte Blätter die Zweige frisch erhalten können, an denen sie sich befinden. Regen und Thau können sonach zur Auffrischung der Pflanze durch die Absorption der Blätter bedeutend beitragen.

Nebst der Eigenschaft, Wasser zu verdunsten, kommt den Blättern, wie allen feuchten porösen Membranen, die Eigenschaft zu, Gase durch sich gehen zu lassen, welche von den durch sie eingeschlossenen Flüssigkeiten absorbirt werden. Die Blätter nehmen Kohlensäure aus der Luft auf. Vermöge der Verwandtschaft der im Pflanzensaft enthaltenen Stoffe zu dieser Säure wird der so unbedeutende Kohlensäuregehalt der Luft (vgl. S. 113) in so großer Menge aufgenommen, daß sie in einer Reihe von Jahren den Kohlenstoff zu vielen Klästern Holz liefert, welche man auf einem ursprünglich von allem Kohlenstoffe freien Boden erziehen kann.

Diese Anziehung von Kohlenstoff, verbunden mit einer Ausathmung von Sauerstoff, findet jedoch nur bei Einwirkung des Lichts, unter Tages statt. Bei Nacht und im Dunkeln erfolgt der entgegengesetzte Prozeß, die lebenden Pflanzentheile nehmen, wie es im Lichte nur die abgestorbenen thun, Sauerstoff auf und hauchen Kohlensäure aus<sup>1)</sup>, und zwar ganz wie

1) Calvert und Ferrand (Über die Vegetation vom chemischen Standpunkte aus betrachtet; in Froriep's neuen Notizen aus dem Gebiete der Natur- und Heilkunde. Bd. 33. 1845. S. 225; Auszug aus Journ. de Chim. et de Pharm. Juni 1844 und Ann. des sciences naturelles. Dec. 1844) wollen von ihrer Untersuchung der in den Schoten des Blasenbaums (*Colutea arborescens*) eingeschlossenen Luft, welche bei Nacht weit mehr Kohlensäure als bei Tage enthält, die Ansicht ableiten, daß die Pflanzen gerade umgekehrt nur des Nachts Kohlensäure absorbiren. Allein diese Beobachtung scheint mir nichts als den Satz auszudrücken: Die Flächen der Pflanzen, welche abgeschlossene, aber mit Luft gefüllte Cavitäten umgeben, wirken gerade so, wie die die Pflanzen von Außen begrenzenden Flächen,

diese im geraden Verhältnisse mit der Menge ihrer oxydirbaren Bestandtheile. So nimmt nach Saussure's Beobachtung die *Agave americana* mit ihren fleischigen geruch- und geschmacklosen Blättern nur 0,3 ihres Volums Sauerstoff in 24 Stunden im Dunkeln auf, während die harzigen Blätter von *Pinus abies* die 10fache, die gerbsäurehaltigen von *Quercus Robur* die 14fache, die balsamischen von *Populus alba* die 21fache Menge des von *Agave* eingesaugten Sauerstoffs aufnehmen. Auch die Bildung der organischen Säuren nimmt bei Nacht zu. So schmecken die Blätter der *Cotyledon calycina*, der *Cacalia ficoides* und Anderer des Morgens wie Sauerampfer, gegen Mittag sind sie geschmacklos und am Abend bitter. Es werden also im Dunkeln mehr oxydirte Stoffe erzeugt, wie Gummi, Stärke und Zucker, am Lichte dagegen desoxydirte, wie Chlorophyll, Bitterstoffe, Gerbstoff und Schleim.

Da die Pflanze ihren Hauptbestandtheil, den Kohlenstoff nur unter Einwirkung des Lichtes aufnehmen kann, so muß die Vegetation um so rascher vor sich gehen, je anhaltender die Einwirkung des Lichtes stattfindet. Im Norden erfolgen deshalb alle Prozesse des Pflanzenlebens mit einer Schnelligkeit, wie man sie in wärmeren Gegenden, wo die Länge des Tages die der Nacht wenig übertrifft, nicht kennt. In der kalten Zone durchläuft das Pflanzenleben in sechs Wochen dieselben Perioden, wie in der heißen in so viel Monaten.

Die Atmosphäre der Pflanzen muß Sauerstoff enthalten. Sie sterben in reiner Kohlensäure und erhalten sich bei Nacht selbst in kohlenstofffreier Luft noch viel frischer, als in gewöhnlicher. Manche saftreichen Blätter, wie z. B. die der *Cactus Opuntia* geben in einem abgesperrten Lustraume nach Saussure keine Kohlensäure ab, sondern saugen bloß bei Nacht Sauerstoff ein und geben es bei Tage wieder ab. Der eingefogene Sauerstoff kann nicht durch die Luftpumpe, sondern nur durch das Sonnenlicht wieder ausgezogen werden. Die im Dunkeln absorbirte Kohlensäurequantität ist im Frühlinge bedeutender als im Herbst, bei saftigen geringer als bei anderen. Diese Einwirkung der Luft findet nur beim Blatte, nicht aber bei anderen Pflanzentheilen statt, und zwar nur im lebenden Blatte; zerstoßene Blätter verwandeln nur einen kleinen Theil des Sauerstoffs der Luft in Kohlensäure, wie alle todtten organischen Stoffe. Reiner Sauerstoff hat einen weniger günstigen Einfluß auf Pflanzen im Dunkeln. Im Lichte treiben sie darin etwa ebenso gut wie in atmosphärischer Luft. Im Stickstoff-, Kohlenoxyd- und Wasserstoffgas sterben die Pflanzen allmählig aus Mangel an Sauerstoff und Kohlensäure.

Schwämme nehmen den Sauerstoff der Luft sowohl bei Tage, als bei Nacht reichlich auf unter Entwicklung von Kohlensäure, wovon sie selbst auch noch aus ihrer Masse einen Antheil in Freiheit setzen. Mehrere

---

d. h. sie hauchen wie jene bei Nacht Kohlensäure aus. Bei Tage müssen die inneren Flächen natürlich weit weniger Kohlensäure aushauchen, weil die durchscheinenden Häute das Licht wenigstens zum Theil durchlassen.

Chemiker haben die Eigenschaft der Pflanze, gleichzeitig Kohlensäure und Sauerstoff aufzunehmen, geläugnet, allein es liegt darin durchaus kein Widerspruch, da die nicht organisirten Stoffe im Inneren der Pflanze den gewöhnlichen Gesetzen der chemischen Verwandtschaft folgen, wonach abgestorbene Pflanzentheile sofort der Drydation aus der Luft unterliegen.

Die grünen Theile der Pflanzen erhalten ihre grüne Farbe nur allmählig und in dem Maße, als das Blatt dem Sonnenlichte ausgesetzt ist. Im Dunkeln aufwachsende Pflanzen bleiben meist saftig und bekommen keine Festigkeit, wie man an den Pflanzen sieht, die unter Steinen hervorkommen. Einmischung von Wasserstoff in der Luft beschleunigt und vermehrt die grüne Farbe. Humboldt fand, daß verschiedene Pflanzen in dem beständigen Dunkel der Gruben durch die wasserstoffhaltige Atmosphäre ihre grüne Farbe entwickeln. Es scheint also hier die zersetzende Kraft des Lichtes einigermaßen durch die Verwandtschaft des Sauerstoffs der Pflanze zum Wasserstoff in der Atmosphäre ersetzt zu werden. Vgl. Blattgrün S. 349.

Eine Einathmung von Stickstoff in freier Luft hat man bei den Pflanzen noch nicht nachweisen können, wohl aber athmen die Pflanzen Stickstoff mit dem Sauerstoff im Sonnenlichte aus und Saussure hat gezeigt, daß dieser Stickstoff aus dem Inneren der Pflanze komme und nicht aus der umgebenden Luft ausgeschieden wird. Nach Boussingault rührt derselbe von der Luft her, welche in den Zwischenräumen der Pflanze, oder auch in dem Wasser enthalten ist, in welches die Wurzeln getaucht sind. Er kann aus den stickstoffhaltigen Bestandtheilen der Pflanze nicht herkommen, da Versuche zeigten, daß die Menge des entwickelten Stickstoffs mehreremal größer ist, als es nach einer solchen Annahme sein könnte.

Richtung der Früchte auf die Luft.

Früchte verändern, so lange sie grün sind, die Luft wie die Blätter, nur halten sie nach Saussure oft eine Portion Sauerstoff zurück, womit er die Menge freier Säure der unreifen Früchte in Zusammenhang bringt. Im Zustande der Reife absorbiren sie Sauerstoff unter Kohlensäureentwicklung.

Aus der Betrachtung der Functionen der Assimilationsorgane der Pflanzen ergibt sich die Möglichkeit, die Stoffe, welche man gewöhnlich in der Pflanze vorfindet, von Außen aufzunehmen, es bleibt nun noch übrig, die Gegenwart dieser Stoffe in der Umgebung der Pflanze, oder die Quellen der Pflanzennahrung nachzuweisen.

Ursprung des Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs in den Pflanzen.

Die Hauptbestandtheile der Pflanzen, welche sich in denselben in größter Menge vorfinden, sind Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Wir finden sie in der Umgebung jeder Pflanze als Kohlensäure und Wasser, die erstere besteht aus Kohlenstoff und Sauerstoff, das letztere aus Wasserstoff und Sauerstoff. Wir haben bereits oben (S. 382) gehört, daß die am häufigsten in der Pflanze vorkommenden Stoffe: Holzfaser, Stärkmehl, Zucker und Gummi den Kohlenstoff mit einem solchen Verhältnisse von Wasserstoff und Sauerstoff enthalten, in welchem beide im Wasser enthalten sind, während ein kleinerer Theil mehr Sauerstoff enthält, wie die organischen Säuren, ein anderer weniger, wie Öle, Wachs und Harze.

Nimmt man von den ersteren z. B. den so weit verbreiteten Traubenzucker, welcher im wasserfreien Zustande aus  $C_{12}H_{22}O_{11} = C_{12} + 12H$ , aus 12 Atomen Kohlenstoff mit 12 Atomen Wasser besteht, so bedarf er zu seiner Entstehung 12 Atome Kohlensäure ( $12 CO_2$ ) und 12 Atome Wasser ( $12 H_2O$ ), woraus 1 Atom Traubenzucker entsteht, während 24 Atome Sauerstoff frei werden. Zu dem Ende müßten nun 12 Atome Kohlensäure ( $12 CO_2$ ) zerlegt werden. Nun ist aber für deren Zersehbareit bis jetzt nur der einzige Fall bekannt geworden, wo freies Kalium, wenn es mit kohlensaurem Kalk erwärmt wird, durch seine Verwandtschaft zum Sauerstoff, worin es alle anderen Körper übertrifft, sich mit dem Sauerstoff verbindet und den Kohlenstoff zurückläßt, während man auf der anderen Seite Fälle, wo Wasser durch einfache oder doppelte Wahlverwandtschaft zerlegt wird, zu Hunderten aufzählen könnte, man darf nur an die Wasserzerlegung durch Metalle, Haloidsalze, Schwefelverbindungen u. denken. Die Thatsache, welche man als Beweis für die Zerlegung der Kohlensäure durch Pflanzen hat geltend machen wollen, daß nämlich Blätter unter Wasser nur dann Sauerstoff entwickeln, wenn letzteres Kohlensäure enthält und frei von Alkali<sup>1)</sup> ist, beweist eigentlich nur, daß die Pflanzen sich nicht mit einem ihrer Hauptbestandtheile, dem Wasserstoff des Wassers, begnügen, sondern auch zur Zunahme ihrer Masse die zwei anderen, den Kohlenstoff und Sauerstoff der Kohlensäure nöthig haben.

Gründe dafür, daß die Pflanzen nicht die Kohlensäure, sondern das Wasser zerlegen.

Es scheint also, daß die Pflanze in ihrem Streben, die ihr dargebotenen Stoffe zu desorbiren, ebenso durch eine Säure (Kohlensäure) unterstützt wird vermöge deren Verwandtschaft zum entstehenden Produkt, wie die Metalle in ihrer Anziehung zum Sauerstoff, z. B. metallisches Kupfer zur Oxydation bestimmt wird durch die Verwandtschaft der in der Luft enthaltenen Kohlensäure zum entstehenden Kupferoxyd.

Man kann die Entstehung der meisten und wichtigsten assimilirten Stoffe durch das bloße Ausscheiden von mehr oder weniger Wasserstoffatomen erklären.

Mag nun diese keinesweges ungegründete Ansicht viel Ansprechendes für sich haben, so scheinen mir doch die folgenden Gründe den Ausschlag dahin zu geben, daß nicht Wasser, sondern wirklich die Kohlensäure bei der Assimilation durch die Pflanzen zerlegt werde:

Wahrscheinlichere Ansicht, daß die Pflanzen nicht Wasser, sondern Kohlensäure zerlegen.

1) Ist die Verwandtschaft des Wassers zum Sauerstoff größer als die des Kohlenstoffs, wie sich bei der unvollkommenen Verbrennung des Kohlenwasserstoffs (Leuchtgas) zeigt, wo bloß der Wasserstoff verbrennt und den Kohlenstoff als Ruß zurückläßt.

2) Wenn die Fälle, wo Wasser beim Zusammentreffen mit Metallen und gewissen Säuren zerlegt wird, so häufig vorkommen, während von einer Zerlegung der Kohlensäure nur ein einziger Fall (vgl. oben) bekannt ist,

1) Nach Draper wird übrigens sowohl doppelt-, als einfachkohlensaurem in Wasser gelösten Kali von grünen Blättern die Kohlensäure entzogen. Lond. & Dubl. phil. Mag. 1843. Dec. S. 161—176; pharm. Centralbl. 1843. S. 907.

so rührt dies nur daher, daß die allerdings schon an und für sich starke Verwandtschaft zwischen den Bestandtheilen solcher Säuren in dem Augenblicke, wo sie mit einem Dryd ein Salz zu bilden streben, so erhöht wird, daß sie die Verwandtschaft des Sauerstoffs zum Wasserstoff im Wasser übertrifft (obgleich letztere sonst größer sein kann), weil die Verwandtschaft des Wassers zu Dryden weit hinter der der Säuren zu den Dryden zurückbleibt.

3) Ist die desoxydirende Kraft der Pflanzenstoffe so groß, daß Eisenoryd davon zu Eisenorydul,<sup>1)</sup> ja selbst schwefelsaurer Kalk zu Schwefelcalcium (bei der Fäulniß) zerlegt wird.<sup>2)</sup> Wenn also Pflanzenstoffe Kalk desoxydiren, so können sie offenbar noch leichter Kohlensäure zerlegen, da die Verwandtschaft des Calciums zum Sauerstoff noch stärker ist, als die des Kohlenstoffs, insofern Kalium nur die Kohlensäure des kohlensauren Kalkes, nicht aber den Kalk selbst zu zerlegen vermag.

Übrigens ist leicht möglich, daß der Sauerstoff von den Pflanzen weder aus dem Wasser, noch aus der Kohlensäure, sondern erst aus den sauerstoffreicheren Pflanzenbestandtheilen abgeschieden wird.

Ein Versuch über die Frage: ob Pflanzen die Kohlensäure in wasserfreier Luft zerlegen, läßt sich nicht anstellen, weil wasserfreie Luft um eine lebende Pflanze eine Unmöglichkeit ist.

Der Kohlenstoff der Pflanzen nimmt theils aus der Luft,

Es mag nun übrigens diese oder die erstere die richtige Ansicht sein, so ergibt sich in beiden Fällen die Gewißheit, daß die Pflanzen den Kohlenstoff aus der Kohlensäure der atmosphärischen Luft empfangen, nach den oben angeführten Beobachtungen, welche man über die Function der Blätter angestellt hat.

Die Kohlensäure erhalten die Pflanzen nach Liebig durch den Athmungsprozeß der Thiere. Allein nach unseren gegenwärtigen geognostischen und geologischen Kenntnissen hat die Organisation der Erde mit der Pflanzenwelt begonnen und erst nach Jahrtausenden scheinen die Lagerungsverhältnisse der Erde sich so gestaltet zu haben, bis die Lebenskraft zur Bewegung und Empfindung potenziert wurde. Der Kohlenstoff muß also

1) Faulendes Wasser nimmt oft einen Geruch nach faulen Eiern an, wenn es Gyps enthält, welcher durch organische Stoffe, wie Staub u. dgl., wenn sie faulen, (also Sauerstoff anziehen) zu Schwefelcalcium desoxydirt wird, und dieses entwickelt wieder mit den Bestandtheilen des Wassers Schwefelwasserstoffgas. So entwickeln bekanntlich die Küstenklüfte der afrikanischen Tropenländer eine ungeheure Menge Schwefelwasserstoff, indem die organischen Theile des Flußwassers zerlegend auf die schwefelsauren Salze des Meerwassers einwirken. Es scheint auch darauf die Entstehung der natürlichen Schwefelwässer und des Schwefelkieses aus schwefelsaurem Eisenorydul zu beruhen, daher das Vorkommen desselben in Kohlenlagern, im Moorboden und die deutliche Ablagerung desselben an fossilen Pflanzen im Sandstein. Kersten erhielt durch Zusammenbringen von schwefelsaurem Blei mit in Zersetzung begriffenen Pflanzen nach einiger Zeit Schwefelblei. Vgl. Erdmann's Journ. f. prakt. Chemie. 31. Bd. 1844. S. 491—493.

2) Eisenoryd, mit feuchtem Humus gemengt, wird in einem wohlverschlossenen Gefäße nach einem halben Jahre größtentheils zu Drydul reducirt.

schon vor den Thieren dagewesen sein, und wir finden ihn auch in der festen Rinde der Erde für sich als Diamant, oder Graphit, oder als Kohlensäure in der Kalkformation, welche  $\frac{1}{4}$  der festen Erdrinde ausmacht, selbst da, wo keine Überreste eine vorweltliche Organisation bezeugen.

Obgleich die atmosphärische Luft mehr Kohlensäure enthält, als die Pflanzen bedürfen<sup>1)</sup>, so ist es doch nicht ausschließlich die Kohlensäure der Luft, welche die Pflanze assimilirt, da sie sich außer der Atmosphäre noch in einem anderen kohlenstoffhaltigen Medium, nämlich im Boden mit der Wurzel ausbreitet und dessen Bestandtheile in sich aufnimmt.

theils aus  
dem Boden.

Der kohlenstoffhaltige Bestandtheil des Bodens ist der Humus, welcher, wie oben bei der Function der Wurzeln gezeigt worden ist, durch die Pflanze selbst dem Boden zugeführt wurde. Er liefert der höher organisirten Pflanze einen Theil ihres Kohlenstoffs, dessen sie zu ihrer vollkommenen Entwicklung bedarf.

Dieser Humus scheint von den, dem anorganischen Reiche zunächst stehenden, Pflanzen der Vorwelt durch Assimilation von Kohlensäure dem Boden allmählig zugeführt worden zu sein, wie dies noch heute zu Tage durch die auf Felsen entstehenden Flechten geschieht, durch deren Verwesung den Moosen und endlich auch höheren Pflanzen Humus geliefert wird. Letztere vegetiren in einem von allem Humus entblößten Boden so lange nur kümmerlich, bis endlich ihre Wurzelausscheidung und die dem Boden zufallenden und verwesenden Blätter und Wurzeln einen Humus geschaffen haben, der dann durch beide jährlich in größerer Menge ersetzt, als consumirt wird. Seine Wirksamkeit ergibt sich aus der Beförderung des Wachstums durch organische Düngmittel und aus der Erschöpfung des Bodens durch Pflanzen, welche geerntet werden.

In manchen Fällen scheinen die Pflanzen bei plötzlichem Verlust ihrer Blätter und krautartigen Theile ihr Wachsthum sogar durch ausschließliche Ernährung aus dem Boden eine Zeit lang fortsetzen zu können. Man hat mehrmals an den Nadelhölzern eine Erscheinung beobachtet, welche man mit dem Namen der Überwallung bezeichnet. Die abgehauenen Stöcke derselben entwickeln bisweilen von den Rändern der Hiebfläche aus, ohne alletrieb- und Blattbildung, neue Holz- und Rindenlagen, durch deren wallförmiges Vorschreiten die ganze Schnittfläche endlich verharst.

Die Überwallung.

Obgleich Göppert in seinen „Beobachtungen über das sogenannte Überwallen der Lannenstöcke. Bonn 1842“ darzuthun sucht, daß die Überwallung der Stöcke auf der unterirdischen Verwachsung derselben mit den Wurzeln benachbarter Bäume beruhe, so kommt doch einestheils diese Verwachsung viel zu häufig, die Überwallung dagegen viel zu selten vor, um dieselbe von ersterer ableiten zu können, andernteils fand Th. Hartig von drei an einem und demselben Tage gefällten Lerchenstöcken den einen überwallt, obgleich dieselben auf meilenweite Entfernung die einzigen Bäume

1) Vgl. Liebig's Berechnung in dessen Chemie in ihrer Anwendung auf Agri-  
cultur 2c. 6. Aufl. S. 23 u. ff.



dieser Art waren und wohl nicht mit den Wurzeln der benachbarten Wachholdern verwachsen sein konnten.

Hartig glaubt demnach, daß bei fortbauender Lebenskraft des Stodkes die Überwallungsschichten sich aus den im Stodke und in den Wurzeln abgelagerten Nahrungsstoffen entwickeln. Allein, kann man auch annehmen, daß die schon zuvor angehäuften Nahrung das Leben noch einige Zeit zu unterhalten vermöge, so ist es doch nicht wohl denkbar, daß dieser Vorrath auch eine Zunahme des Umfangs bewirken sollte, ohne dabei durch neue, aus dem Boden aufgenommene, Nahrung ersetzt zu werden.

Noch deutlicher zeigt dies eine Beobachtung von Raab<sup>1)</sup>: Pflanzen von *Phaseolus vulgaris* L., welche zwar ihre Vollkommenheit, aber in Folge einer mit Kälte, Wärme und Trockenheit abwechselnden Bitterung nicht ihre gewöhnliche Größe erreicht hatten, obgleich sie trotz ihrer Kleinheit mit Blüten und Früchten reichlich beladen waren, erfroren Anfangs September in einer kalten Nacht. Bei der später wieder eintretenden schönen Bitterung trieben die erfrorenen Pflanzen wieder, bis ein abermaliger Frost Ende Octobers ihrer Vegetation ein Ziel gesetzt zu haben schien. An den Trieben zeigten sich hier und da Blüten, welche aber, vor der Fruchtbildung vom Froste überrascht, vernichtet wurden.

Als man beim Sammeln der Stangen zugleich die Stöcke mit auszog, fand Raab statt der gewöhnlichen, sonst dünnen, langfaserigen, holzigen und ästigen Wurzeln, rübenartige, mitunter stark fingerdicke, leicht zerbrechliche, inwendig schneeweiße Wurzeln, die, wie die Georginen, viele kleine Knollen angelegt hatten und 25 % ganz dem Arrowroot ähnliches Stärkmehl enthielten<sup>2)</sup>. Offenbar hatte die bei der Vernichtung des oberirdischen Theils der Pflanze noch vegetationskräftige Wurzel die zuvor mit den oberirdischen Organen getheilte Ernährung allein übernommen und nicht bloß die zur Entwicklung neuer Triebe nöthige Menge von Nahrungsstoffen ausschließlich aus dem Boden aufgenommen, sondern auch jene, welche für die bei dem abermaligen Erfrieren dieser Triebe in ihr selbst angehäuften Menge von Stärkmehl erforderlich war.

Nach Saussure's Versuch (vgl. S. 453) kann bei der jungen Pflanze das Humusertract selbst ganz die Nahrung ersetzen, welche diese aus dem Endosparmum erhält.

Nach Liebig nehmen die Wurzeln den Kohlenstoff nicht als Humus, sondern ausschließlich als Kohlen-säure auf.

Nach Liebig ernährt der Humus die Pflanze nicht deshalb, weil er in löslichem Zustande von derselben aufgenommen und als solcher assimilirt wird, sondern weil er eine langsame und langdauernde Quelle von Kohlen-säure darstellt, welche, als das Hauptnahrungsmittel, die Wurzeln der Pflanze mit Nahrung versieht, und diese Annahme begründet er durch die unbedeutende Löslichkeit der Humus-säure, wornach sie bei 18° C. 2500 Theile

1) Mitgetheilt in Buchner's Repertorium für die Pharmacie. 16. Bd. 1824. S. 252.

2) Die gesunden Wurzeln dieser Pflanzen enthalten nach Hünefeld gar kein Stärkmehl. S. Erdmann's Journal für prakt. Chemie. 16. S. 361.

Wasser zu ihrer Auflösung fordert und mit Alkalien, Kalk und Bittererde Salze von gleicher Löslichkeit bildet, und ihre geringe Auflöslichkeit vollständig verliert durch das Austrocknen an der Luft und durch das Gefrieren ihrer Auflösung.

Es ist durchaus kein Grund vorhanden, die Absorption der sowohl vom Boden aus der Luft absorbirten, als bei der Zersetzung des Humus entweichenden Kohlensäure durch die Wurzeln, in Abrede zu stellen, und es ist dies auch die am meisten verbreitete Ansicht der Pflanzenphysiologen. Diese Kohlensäure wird, wie es scheint, in Wasser gelöst, von der Wurzel gleich allen übrigen löslichen Bestandtheilen des Bodens aufgesogen. Ebenfowenig kann aber die Möglichkeit geläugnet werden, daß die Wurzel Humusextrakt aufnehmen könnte, wenn dieses, wie die Kohlensäure, im gelösten Zustande sich vorfindet.

Grünbegegn  
die ausschließ-  
liche Ablei-  
tung des  
Kohlenstoffs  
aus der Koh-  
lenensäure.

Was seine Löslichkeit betrifft, so liefern die negativen Angaben der Chemiker noch keinen zureichenden Beweis wegen der außerordentlichen Mannfaltigkeit der braunen Extraktsubstanzen, welche man alle mit dem Namen des Humus belegt, worüber sich Liebig selbst beklagt, und was die vollständige Zerstörung seiner Auflöslichkeit durch den Einfluß der Luft beim Austrocknen betrifft, hat Schulz<sup>1)</sup> im Gegentheile gefunden, daß Dammerde von höher gelegenen Orten beim Auskochen mit Wasser ein weit gesättigteres Decoct liefert, als die von sumpfigen Gegenden, obgleich die organischen Reste des Bodens bei derselben so vollständig verweset erschienen, als bei der ersteren.

Möchte aber auch immerhin die Auflöslichkeit des Humusextrakts nicht sehr groß sein, so wird dieselbe durch die große Quantität, in welcher die Pflanzen die Feuchtigkeit des Bodens aufsaugen, ersetzt, und es kann im Gegentheile die Masse des Kohlenstoffs, welchen die Pflanze aus einem fetten Boden aufnimmt, nicht so schnell durch die bei der Verwesung entwickelte Kohlensäure geliefert werden, auch müßten die Versuche mit Begießung der Pflanzen mit kohlensaurem Wasser bessere Resultate geliefert haben.

Da man weiß, daß die Pflanze alle Stoffe, welche im Wasser gelöst sind, ohne Unterschied aufsaugt, so muß sie auch das darin aufgelöste Humusextrakt aufsaugen. Diese Lösung müßte aber trotz ihrer großen Verdünnung — bei der fortwährenden Verdunstung des Wassers an der Oberfläche der Pflanze — den Pflanzensaft braun färben, indem mit Farbaufösungen begossene Pflanzen sehr bald die Farbe derselben zeigen. Da aber der Pflanzensaft farblos ist, so muß eine chemische Veränderung mit dem Humusextrakt vorgegangen sein, eine Veränderung, welche durch die in der Pflanze enthaltenen Materien nach den gewöhnlichen Verwandtschaftsge-  
setzen nicht hätte erfolgen können, d. h. das Humusextrakt ist durch die Lebenskraft der Pflanze verändert — assimilirt worden.

1) Poggendorffs Ann. d. Physik u. Chemie. Bd. 64. 1845. S. 141.

Wenn andere gefärbte Substanzen bei ihrem Übergange in die Pflanze derselben ihre Farbe geben, so zeigt dies bloß, daß die Lebenskraft auf solche Substanzen nicht zu influiren, dieselben nicht zu assimiliren vermag, daß demnach nur gewisse lösliche organische Stoffe zur Ernährung der Pflanzen geeignet sind, und daß zu diesen das Humusextrakt gehört, welches die Natur wegen seiner großen Verbreitung im Boden zu diesem Zwecke vorzugsweise oder ausschließlich bestimmt zu haben scheint.

Perfor fand, daß Balsaminpflanzen ohne Wurzel in Indigolösung getaucht, sich blau färben und bald absterben. Bringt man sie dagegen mit der Wurzel in diese Lösung, so entfärben sie den aufgenommenen Indigo, er nimmt erst in den Blättern wieder seine blaue Farbe an und die Pflanzen leben dabei ganz gut fort. Wenn also nicht assimilirte Stoffe schädlich auf die Pflanzen einwirken, so müssen wohl die den Pflanzen so wohlthätigen Humussäuren assimilirt werden, ohne sich aber, wie der Indigo, wieder an den sich entwickelnden Theilen im ursprünglichen Zustande wieder abzuschcheiden, weil sonst die Oberfläche der meisten Pflanzen braun sein müßte.

Den Beweis, daß die Pflanzen nicht, der Annahme der Physiologen zufolge, die hinreichende Menge Humussäure dadurch erhalten, daß deren Auflöslichkeit durch Bildung von humusfauren Salzen bedeutend vermehrt werde, sieht Liebig darin, daß die in der Asche gefundene Menge basischer Metallsalze bei Weitem nicht zur Auflösung jener Quantität Humussäure hinreicht, welche zur Bildung der organischen Bestandtheile (z. B. des Tannenholzes) nöthig wäre. Dagegen ist aber zu erinnern, daß zugleich mit der Verwandlung der Humussäure in feste Pflanzenbestandtheile auch neue organische Säuren entstehen, welche vermöge ihrer größeren Sättigungscapacität eine größere Menge dieser Metallsalze zu sättigen vermögen, als die Humussäure. Nach den Gesetzen der Erdschicht wird dann der Pflanzensaft, welcher eine mehr concentrirte Salzauslösung darstellt, als die Bodenfeuchtigkeit, wieder durch die Wurzel ausgeschieden und aus dem Boden durch eine mehr verdünnte Auflösung ersetzt, welche sich hierauf in der Pflanze durch die Verdunstung an ihrer Oberfläche schnell wieder concentrirt, woraus sich auch zum Theil (vgl. S. 478) der Zweck der Bildung von organischen Säuren im Pflanzenorganismus erklärt. Dieselben sind nämlich dieser Annahme zufolge bestimmt, die Auflösung der Metallsalze zu übernehmen, nachdem letztere die Humussäure bei ihrem Ueberschreiten in die Pflanze abgetreten haben.

Mag nun auch, trotz dieser Erklärung, die im Boden vorfindliche Quantität von basischen Metallsalzen noch immer nicht zureichen, daß aller Kohlenstoff als Humussäure in die Pflanze gelange, so ist dies gewiß auch noch nicht behauptet worden, sondern nur, daß die Aufnahme von Humussäure für die meisten Pflanzen förderlich und selbst zu einer vollkommen gesunden Ausbildung unentbehrlich sei.

Nach Liebig streitet ferner die Ähnlichkeit des Humus in seiner Zusammensetzung mit der der Pflanze gegen die Aufnahme desselben durch die

Wurzel, da er selbst als krankhafte Ausscheidung der Pflanzen vorkomme, wie z. B. kranke Ulmen, Eichen und Koffassanien humussaure Salze ausschweigen.

Was aber diesen Einwurf betrifft, so ist durchaus nicht einzusehen, warum gerade die Pflanzen nicht ihrer Constitution verwandte Stoffe aufnehmen sollen, da dies doch bei den Thieren stattfindet, sie ernähren sich von Stoffen, welche sie durch ihren eigenen Lebensprozeß im gesunden und kranken Zustande erzeugen; auch erinnert Reissner an die Schmaropferpflanzen, welche mit gar keinem Humus in Berührung kommen, sondern mit ihrer Wurzel ausschließlich das assimiliren können, was eine andere Pflanze assimiliert hat.

Ein anderer Grund, welchen Liebig anführt, nämlich die braune Farbe des Humusextrakts, während die Pflanzensäfte weiß seien, hat, wie schon oben angedeutet wurde, ebensowenig Beweiskraft, da doch bekanntlich dieser weiße oder farblose Pflanzensaft umgekehrt durch Drydation an der Luft so leicht wieder in braunen Extraktivstoff übergeht und die Vegetation der Hauptfache nach in einem Desorptionsprozeße besteht, wie weiter unten gezeigt werden soll.

Zu allem Uebersusse endlich wies Saussure die Absorption des Humusextrakts durch directe Versuche wirklich nach, denen zufolge *Polygonum Persicaria* 5, *Bidens cannabina* 6% davon aufnehmen.

Fand auch Hartig, daß Bohnenpflänzchen in humusaurer Kalilösung zu Grunde gehen, so beweist dies eigentlich nur, daß Bohnen keine Wasferpflanzen sind. Ebenso kann aus Schleiden's Beobachtung, daß *Protococcus viridis* in mit Kohlensäure geschwängertem Wasser besser gedeiht, als in mit Dammerbeerextrakt versetztem, bloß gefolgert werden, daß Wasferpflanzen vermöge ihres Standortes mehr auf Kohlensäure, als auf Humusextrakt angewiesen sind, ohne daß dieser Schluß auch auf Landpflanzen anwendbar wäre. (Vgl. auch S. 457 über die Wurzelabscheidung.)

Das von der Pflanze ausgenommene Humusextrakt wird durch die Assimilation desorbiert. Der ausgeschiedene Sauerstoff entweicht nebst dem der zersetzten Kohlensäure durch die Blätter, zum Theil wird er unter Vermittelung der aus dem Boden mit aufgenommenen Basen zur Bildung der organischen Säuren verwendet. Aus Schulz' Untersuchungen<sup>1)</sup> geht hervor, daß sowohl Blätter, als Wurzeln bei Abhaltung aller Kohlensäure aus Dammerbeerextrakt bei Lichtzutritt reichliche Mengen von Sauerstoff entwickeln und sich darin viel länger frisch erhalten, als in irgend einer anderen Flüssigkeit. Die desorbidirende Kraft der Pflanzen geht, nach Schulz, so weit, daß sie außer Humusextrakt und anderen indifferenten kohlenstoffhaltigen Substanzen, wie Zucker, sogar die meisten Pflanzen- und Mineralsäuren zu zersetzen vermögen unter Ausscheidung von Sauerstoffgas<sup>2)</sup>.

Der Vegetationsprozeß ist der Hauptfache nach eine Desorption

1) Die Entdeckung der wahren Pflanzennahrung. Berlin 1844.

2) Grisebaw (Journ. f. prakt. Chemie. 1845. Bd. 34. S. 163) konnte jedoch bei Wiederholung der Versuche letztere Resultate nicht erhalten; ebenso Grisebaw

Kögen sich indessen diese Beobachtungen immerhin als falsch erweisen, so gewinnt doch diese Annahme einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit durch die schon oben angeführte Beobachtung, welche Persoz in seiner Chimie moléculaire mittheilt. Er fand, daß Balsaminenpflanzen Indigoauflösung durch ihre Wurzeln farblos aufnehmen, d. h. der Indigo wird im Innern der Pflanze desorydirt. Sobald er aber wieder mit dem Sauerstoff in nähere Berührung tritt, — in den Blättern — wird er wieder orydirt und erscheint mit blauer Farbe.

Das Humusextrakt verliert beim Übergange in die Pflanzensubstanz seine braune Farbe, wird farblos, aber es tritt die Farbe wieder durch Reoxydation hervor in den der Vollendung und dem Tode entgegengehenden Stoffen, sobald sie der Sauerstoff der Luft an der Oberfläche der Pflanze erreicht. Wir sehen dies an der Rinde und den älteren Theilen des Holzes, sowie an der reifen Frucht, sie färben sich dunkel, Extraktivstoff und Gerbsäure bilden sich aus. Auch die Harzbildung durch Oxydation der ätherischen Öle gehört hierher.

Aus den Versuchen von Saussure, wonach unzersehte Pflanzen mehr Sauerstoff enthalten, als ihr Zersetzungsprodukt (der Humus), und aus denen von Grischow, wonach die Pflanzen keine Veränderung oder sogar eine Sauerstoffentziehung in der Luft bewirken, ferner daraus, daß die Pflanzen die meiste Zeit im Dunkeln oder im Schatten stehen, wo sie Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure aushauchen, glaubt Meyen<sup>1)</sup> schließen zu dürfen, daß der Athmungsprozeß der Pflanzen, wie der der Thiere in einer Entkohlung der Substanz bestehe.

Hiergegen ist aber einzuwenden, daß andere Versuche, wie die von Schulz, zeigen, daß die Pflanzen (wenn auch in geringerem Verhältnisse) auch bei trübem Himmel, also überhaupt immer bei Tage Sauerstoff ausscheiden. Wenn aber der Einfluß des Lichtes und mit ihm die Sauerstoffentwicklung ganz aufhört, nämlich bei Nacht, dann verhalten sich die lebenden Pflanzen wie die abgestorbenen, ihr Kohlenstoff entweicht, orydirt durch den Sauerstoff der Luft als Kohlensäure. Dauert diese Lichtentziehung längere Zeit, so vermindert sich aber auch ihr Kohlenstoffgehalt merklich, wie dies Haffenrag beim Keimen und Saussure bei der Vegetation an einem schwach erhellten Orte beobachtete. Die Pflanzen zeigen unter solchen Verhältnissen ein kränkliches Aussehen und sterben endlich ganz ab.

Im Gegentheile findet man, daß in Jahreszeiten und Gegenden, wo die Unterbrechungen des Lichtzutrittes am kürzesten sind, wie in den langen Tagen des Sommers und im Norden, die Entwicklung der Pflanzen am raschesten und wo das Sonnenlicht am wenigsten getrübt ist, also am intensivsten wirkt, nämlich in den Tropenländern, am vollkommensten erfolgt.

(Poggendorff's Ann. d. Phys. u. Chem. 64. 1845. S. 630), Barckswil und Boussingault. Vgl. auch Hirschfeld, Versuch einer Materialrevision der wahren Pflanzennahrung. Hamburg, Reßler u. Neße 1846 und Goldmann im Berliner Gewerbe-, Industrie- und Handelsblatt. 1846. S. 258—260 u. 266—268.

1) Pflanzenphysiologie. II. S. 150.

Was den Umstand betrifft, daß das Zersetzungsprodukt der Pflanze, der Humus, weniger Sauerstoff enthält, als mehrere Hauptbestandtheile der lebenden Pflanze, so ließ sich derselbe schon daraus erklären, daß es die nur kleinere Menge des Kohlenstoffs ist, welche die mehr auf Sauerstoffaufnahme angewiesene Wurzel aus dem Humus assimiliert, während die größere Menge desselben aus der Luft aufgenommen zu werden scheint, wobei sich offenbar eine Desoxydation ergibt, wenn man sich die Bestandtheile der Holzfaser  $= C_{35}H_{11}O_{21}$  aus 22 Atomen Wasser (H) und aus 36 At. Kohlenstoff der Luft entstanden denkt.

Wenn endlich auch der Sauerstoff im Humus zu den übrigen Bestandtheilen in einem geringeren Verhältnisse steht, als im Faserstoff und anderen Pflanzensubstanzen, so ist diese Verminderung trotzdem durch die Einwirkung des Sauerstoffs der Luft entstanden, indem sich derselbe, wie S. 366 gezeigt wurde, mit dem Wasserstoff des Faserstoffs zu Wasser vereinigte. Die Umwandlung des Faserstoffs in Humus ist sonach ebenso wohl als ein Drydationsprozeß zu betrachten, als die blaue Färbung des reducirten Indigos (vgl. S. 347), ebenso die Entstehung der braun gefärbten Extraktivstoffe aus den farblosen Pflanzensäften an der Luft. Der Indigo wird nur durch Sauerstoffentziehung entfärbt, und da die Entfärbung des Indigo in der Pflanze ganz unter denselben Umständen erfolgt, wie die der Humussubstanzen (vgl. S. 472), so ist auch umgekehrt anzunehmen, daß der Humus bei seiner Assimilation eine Desoxydation erleide.

Nachdem die Beobachtung gemacht war, daß die Pflanzen Kohlen- säure auffaugen und Sauerstoff entwickeln, lag allerdings die Vermuthung sehr nahe, daß die Verderbniß der Luft, welche aus der Aufnahme von Sauerstoff und Aushauchung von Kohlensäure beim Athmungsprozeß der Thiere und aus dem Verbrennungsprozeß hervorgeht, durch den Vegetationsprozeß beseitigt werde. Aber es ist dies schon deswegen nicht möglich, weil die Thiere das ganze Jahr und bei Tag und Nacht Sauerstoff consumiren, während die Vegetabilien denselben nur im Sonnenschein und fast gar nicht im Winter, dagegen aber übermäßig im Sommer liefern. Es wäre dann unmöglich, in keiner Jahreszeit und in keinem Klima Mangel oder Überfluß an Sauerstoff zu finden. Die Unmöglichkeit, daß die beim Athmungs- und Verbrennungsprozeß erzeugte Kohlensäure von den Pflanzen verzehrt werde, ergibt sich noch besser aus folgender Berechnung, welche Hlubeck in seiner Statik des Landbaues aufführt.

Einfluß der Vegetation auf die Luft.

Die Bestandtheile der Atmosphäre unseres Planeten enthalten:

75279	Billionen	Centner	Stickstoff,
20011	"	"	Sauerstoff,
96	"	"	Kohlensäure, welche aus
69	"	"	Sauer- und
27	"	"	Kohlenstoff zusammengesetzt ist.

Die jährlich erzeugte Kohlensäure beträgt:

99262 Millionen Centner beim Verbrennungs- und  
 168730       "       "       Lebensprozeß, zusammen  
 266992 Millionen Centner.

Wird von der beim Verbrennungsprozesse erzeugten Kohlensäure auch ganz abstrahirt, so kommen dennoch auf 1 niederösterreichisches Joch von 1600 Quadratklaftern 1827  $\frac{1}{2}$  Centner Kohlensäure oder 393,3 Centner Kohlenstoff, welchen sich die Culturpflanzen aneignen müßten, wenn sich die durch das Thierreich allein erzeugte Kohlensäure in der Atmosphäre nicht anhäufen sollte.

Endlich ergeben auch die Versuche von Woodhouse, Saussure, Lint und Grischow an den grünen Theilen von Pflanzen, welche sie, ohne dieselben ihrem natürlichen Standorte zu entziehen, in Recipienten abschlossen, deren Luft die gewöhnliche Zusammensetzung unserer Atmosphäre hatte, daß die Pflanzen bei längerer Vegetation in eingeschlossener Luft durch ihre grünen Theile die Mischung der Atmosphäre nicht verändern, sondern so viel Kohlensäure bei Nacht aushauchen, als sie bei Tage wieder aufnehmen.

Ursprung des  
Stickstoffs in  
den Pflanzen.

Was den Stickstoffgehalt der Pflanzen betrifft, so hat bis jetzt noch ebensowenig nachgewiesen werden können, daß ihn die Pflanzen im freien Zustande aufnehmen, als daß sie ihn ausschließlich aus der Luft erhalten, wie sich aus den Versuchen des Fürsten zu Salm Horstmar<sup>1)</sup> und Anderer ergibt.

Derselbe fand nämlich, daß in einen vor Wind geschützten Flugsand gepflanzte Kiefern und Fichten nicht wachsen wollten, während sie in den diesen Distrikt umgebenden Flugsandflächen recht gut wuchsen. Er bestreute den unfruchtbaren Flugsanddistrikt mit frischer Buchenasche, welche flach untergeschaufelt wurde, aber die Bäume wuchsen nicht besser.

Er füllte mit dem unfruchtbaren Flugsand (der kaum eine Spur organischer Bestandtheile enthielt, denn beim Erhitzen bis zum anfangenden Glühen erschien keine schwärzliche Färbung, sondern ein kaum sichtbarer grauer Stich) einen Blumentopf, mit 2 Loth geglühter Buchenasche oberflächlich gemengt, mit einigen Körnern von Buchweizen, Hafer, Klee- und Grasamen und begoß mit Regenwasser. Die Körner gingen gut auf, die Pflanzen erlangten aber vom 20. Mai bis 22. Juni nur eine Höhe von 1—3 Zoll. Am 22. Juni wurden die Pflänzchen mit 2 Tropfen einer starken Lösung von salpetersaurem Ammoniak mit  $\frac{1}{4}$  Schoppen Wasser verdünnt begossen. Sie färbten sich in wenig Tagen dunkelgrün und wuchsen wie von einem neuen Lebensgeist erfüllt. Der Buchweizen wuchs sehr üppig und blühte reichlich, Klee und Gras blieben am meisten zurück und der Hafer setzte nur 2 Körner an.

Er bestreute ferner von einem noch uncultivirten Heideboden nach Entfernung des Heidekrautes einen Theil mit frischer Buchenasche, einen Theil mit derselben Quantität Asche, nachdem dieselbe zuvor mit Wasser aus-

1) Erdmann's Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 37. 1846. S. 341.

gelaugt war, und begoß eine gleiche Fläche mit der bei diesem Auslaugen erhaltenen Aschenlauge. Alle 3 Proben wurden mit Klee und Gras angefüet. Der Klee wuchs schon im ersten Jahre auf Probe 1 sehr gut, auf 2 sehr mittelmäßig, aber im 2. und 3. Jahre gut, auf den anderen Proben im 1. und 2. Jahre schlecht.

Ein gleichzeitiger Versuch mit Knochenmehlbüftung auf diesem Boden gab das auffallende Resultat, daß der Klee gar nicht darauf wachsen wollte, sondern nach dem Aufgehen wieder verschwand, während das gefüete Gras schon im ersten Jahre sehr gut wuchs.

Wahrscheinlich gab der Stickstoff des Knochenmehls dem Grase auf dem sauren Heideboden schon im ersten Jahre, was ihm die Asche beim obigen Versuche nicht geben konnte. Ferner zeigen diese Versuche, daß der Klee Stickstoff aus der Luft assimiliere, das Gras dagegen diese Eigenschaft nicht besitze und daß der Heideboden, mit Asche versehen, den für das Gras nöthigen Stickstoff erst nach einem Jahre aufgenommen hat. Auch nach den Beobachtungen von Hannam, Chatterly, Flemming, Kuhlmann, Schattenmann u. a. übt Ammoniakbüftung auf Cerealien, Gras und Kartoffeln eine günstige Einwirkung, während die Angaben englischer und französischer Landwirthe darin übereinstimmen, daß sie davon auf Klee und Luzerne durchaus keinen nützlichen Einfluß bemerken konnten. Auch Boussingault fand aus seinen Versuchen, die er mit in ausgeglühten Sand oder Thon gefüeten Samen anstellte, daß Klee und Erbsen in solchem Boden reife Samen ansetzen, also ihren Stickstoff aus der Luft aufnehmen, was auch Mulder bestätigt fand, während die Gramineen in einer von stickstoffhaltigen organischen Stoffen freien Erde keine Samen ansetzen. Erstere wuchsen auf dem stickstofffreien Boden weit weniger üppig, aber der Stickstoffgehalt der reifen Pflanze nebst ihren Samen war doppelt so groß, als in dem ausgefüeten Samen, während die Stickstoffmenge in Weizen- und Haferpflanzen jener der Samenkörner gleich war.

Aus diesen Versuchen ergibt sich unzweifelhaft, daß, wenn auch einige Pflanzen ihren Stickstoffbedarf der Luft zu entnehmen vermögen, dies doch durchaus nicht bei allen der Fall ist<sup>1)</sup>.

Wenn es nun zum Theil die Luft, zum Theil der Boden ist, welche der Pflanze ihren Stickstoffbedarf liefern, so fragt sich weiter, in welcher Form sie denselben in beiden Medien findet.

Im Boden lassen sich dreierlei stickstoffhaltige Materien nachweisen: Ammoniak und Salpetersäure, beide als Salze, und stickstoffhaltige organische Substanzen. In der Luft sind nur die beiden ersteren denkbar.

Obgleich es nicht unmöglich wäre, daß die Blätter, wie Dequereel meint, der Luftfeuchtigkeit Sauerstoff entziehen, wobei der austretende Wasserstoff sich mit dem Stickstoff der Luft zu Ammoniak verbinde, wie bei

1) Vgl. auch die Versuche von Kuhlmann und Schattenmann mit Schwefel-, salpeter- und kohlensaurem Ammoniak, Chlorammonium etc.; Compt. rend. 17. S. 1118—1134; pharm. Centralbl. 1814. S. 182—186.



der Drydation des Eisenvitriols in der Luft (vgl. S. 111), und als Ammoniak in die Pflanzen übergehe, so fehlt es doch zur Begründung dieser Ansicht noch an einem Apparat, wodurch man diese Aufnahme von Stickstoff mit Sicherheit nachweisen könnte.

Der Stickstoff  
der Pflanzen  
kammt zum  
Theil vom  
Ammoniak.

Daß übrigens Ammoniak, wenn auch nicht als solches in den Pflanzenorganismus übergehen könne, scheint sich aus anderweitigen Zersetzungen desselben zu ergeben. Verwandelt sich doch, wie Liebig anführt, bei höherer Temperatur ameisensaures Ammoniak in Blausäure und Wasser, bildet doch das Ammoniak mit Cyansäure Harnstoff, mit ätherischem Senf- und Bittermandelöl eine Reihe krystallisirbarer Körper u.

Ammoniakgehalt  
der Luft.

Schon im Jahre 1820 war die Gegenwart des Ammoniaks in der Luft und im Regenwasser bekannt. Bewahrt man z. B. eine, wenn auch verschlossene Flasche mit Salzsäure an einem noch so gut vor thierischen Ausdünstungen und Fäulnisprodukten verwahrten Orte, so bedeckt sie sich doch bald an der Mündung mit einem reichlichen Anfluge von Salmiak. Schwefelsaure Thonerde verwandelt sich an der Luft allmählig in Ammoniakalaun. Dieser Ammoniakgehalt kommt aber der Luft zu durch ununterbrochen in Zersetzung begriffene Thier- und Pflanzenmassen. Auch die von den Thieren ausgeathmete Luft enthält nach Thompson kohlensaures Ammoniak, und zwar beträgt die Menge davon bei gesunden Menschen in 24 Stunden über 3 Gran.<sup>1)</sup> Das Ammoniak wird, wie es scheint, von den Blättern wie die Kohlsäure zerlegt, und vom Boden absorbiert auch den Wurzeln zugeführt.

Ammoniak-  
gehalt des  
Bodens.

Aber der Gehalt der Luft an Ammoniak ist nicht die einzige Quelle des Stickstoffs in den Pflanzen. In bei Weitem reichlicherem Maße wird der Stickstoff denselben dargeboten durch die im Boden faulenden organischen Stoffe, denn man weiß, daß die Wirksamkeit des Düngers in geradem Verhältnisse mit der Quantität seines Stickstoffgehaltes steht.

Nicht blos  
Stickstoffhal-  
tige, sondern  
auch stickstoff-  
freie organi-  
sche Stoffe  
führen der  
Pflanze den  
Stickstoff zu.

Unter den verschiedenen Düngstoffen ist allerdings der Harn der Thiere der reichste an Stickstoff, allein auch die festen Thierecremente und selbst Stoffe, welche ursprünglich gar keinen Stickstoff enthalten, wie die Pflanzenfaser, nehmen denselben bei der Fäulnis nach Hermann's Beobachtungen (vgl. S. 417) in großer Menge aus der Luft auf, so daß sie dann bei fortschreitender Fäulnis ganz ebenso Ammoniak entwickeln, wie die stickstoffhaltigen Körper. Es kann sich also die Pflanze auf diese Weise ihren Bedarf an Stickstoff durch Verwesung der Blätter und abgestorbenen Wurzeln selbst verschaffen.

1) Man kann dasselbe im Athem nach Thompson nachweisen, wenn man die einzuathmende Luft durch verdünnte Schwefelsäure und die ausgeathmete durch eine mit kaltem Wasser gefüllte Röhre gehen läßt. Säuert man die Flüssigkeit mit 1—2 Tropfen reiner Salzsäure an und verdampft im Wasserbad zur Trockne, so erhält man einen Rückstand, welcher in 5 oder 6 Tropfen Wasser gelöst und in einem Reagircylinder mit Kalilauge zusammengebracht, Ammoniak entwickelt. Zur deutlichen Nachweisung muß die Respiration 1—2 Stunden dauern. Philos. Magaz. and Transact. III. Sér. Vol. 30. S. 124—125; pharm. Centralbl. 1847. S. 384.

Das Ammoniak wird nicht als solches aufgenommen.

Da die Kohlensäure bei ihrem Übergang in den Pflanzensaft zerlegt zu werden scheint, so ist es auch wahrscheinlich, daß das Ammoniak nicht als solches, sondern in zerlegter Form von der Pflanze aufgenommen werde und das Ammoniak, welches man in verschiedenen Verbindungen in der Pflanze, wie namentlich im Rhorn-, Birken-, Reb- und Runkelrübensafte in reichlicher Menge antrifft, scheint, wie die übrigen stickstoffhaltigen Basen, die Alkaloide sich erst in der Pflanze selbst gebildet zu haben.

Die günstigen Einwirkungen auf die Vegetation, durch welche sich die Salze der Salpetersäure vor denen aller übrigen Säuren auszeichnen, wenn sie dem Boden einverleibt werden, führten zu der Annahme, daß auch die Salpetersäure eine Quelle des Stickstoffs für die Pflanzen bilde, oder daß vielleicht sogar das Ammoniak erst in Salpetersäure übergehen müsse, bevor es den Pflanzen Stickstoff liefern könne. In Bezug auf den Boden haben die Versuche von Kuhlmann diese Frage beantwortet. Wie schon S. 118 angegeben, erfolgt in der Tiefe des Bodens, also im Bereiche der Wurzeln die Umwandlung der Salpetersäure in Ammoniak, der umgekehrte Fall aber an der Oberfläche des Bodens. Diese Thatsache allein berechtigt schon zu der entgegengesetzten Annahme, daß die Salpetersäure erst nach ihrer Umwandlung in Ammoniak zur Stickstoffquelle für die Pflanzen werde. Den höchsten Grad von Wahrscheinlichkeit erhält dieselbe aber durch die directen Versuche von Kuhlmann<sup>1)</sup>, aus welchen sich ergab, daß gleiche Quantitäten Stickstoff, einmal als schwefelsaures Ammoniak, das andere Mal als salpetersaures Natron in den Boden gebracht, in der Form von Ammoniak eine doppelt so große Ernte lieferten, als in der Form von salpetersaurem Natron. Da nun die Salpetersäure in der Luft gleichfalls als Salz (als salpetersaures Ammoniak) vorhanden ist, so läßt sich vermuthen, daß auch dort diese Säure nicht als eine unmittelbare Quelle des Stickstoffs für die Pflanzen zu betrachten sei, sondern (vielleicht erst nach der Absorption vom Boden) vorher in Ammoniak übergehe.

Die Frage, ob die Pflanzen den Stickstoff nur aus dem Ammoniak aufnehmen, ist indessen durchaus noch nicht entschieden, denn es ist ebenso wohl denkbar, daß die Wurzeln auch anderweitige stickstoffhaltige Substanzen aufsaugen, als man von der sich entwickelnden Pflanze nach Boussingault's Versuchen weiß, daß sie die stickstoffhaltigen Verbindungen des Samens assimiliert.

Viele Pflanzen enthalten außer den bereits angeführten Bestandtheilen eine nicht unbedeutende Menge Schwefel, und er fehlt selbst in keiner Pflanze ganz. Was die atmosphärische Luft betrifft, so kann dieselbe außer einer kaum nachweisbaren Spur von Schwefelwasserstoff keine Schwefelverbindung enthalten. Die Pflanze kann daher den Schwefel fast nur aus dem Boden erhalten. Er stammt wahrscheinlich aus in der Bodenfeuchtigkeit

Ursprung des Schwefels und Phosphors in den Pflanzen.

1) Tabellarisch zusammengestellt in Dingler's polytechn. Journ. aus dem Compt. rend. Aug. 1846.

gelösten Sulphaten, welche von den Wurzeln zerlegt werden. Am geeignetsten hierzu erscheint das schwefelsaure Ammoniak, welches man nach Liebig betrachten kann als eine Verbindung von Wasser mit gleichen Äquivalenten von Stickstoff und Schwefel,  $\text{NH}_3 + \text{SO}_3 = 3\text{H}_2\text{O} + \text{S} + \text{N}$ , so, daß also durch bloße Wasserausscheidung Schwefel und Stickstoff in einen Bestandtheil der lebenden Pflanze übergehen können. Natürlich müssen hier noch andere Ammoniaksalze außer dem Sulphat mitwirken, da die schwefelhaltigen Bestandtheile der Pflanze gegen 25 Äquivalente Stickstoff auf 1 Äq. Schwefel enthalten. Aber auch noch andere Sulphate, wie besonders der am meisten verbreitete Gyps, scheinen — wenigstens nach der Zuträglichkeit des gegypften Bodens für Leguminosen zu schließen — zu dieser Schwefelaufnahme beizutragen, welche sich sehr einfach durch die schon angeführte Beobachtung erklärt, daß faulende organische Stoffe den Gyps in Schwefelcalcium verwandeln. Auf ähnliche Weise scheint der Phosphor aus den mineralischen Phosphaten des Bodens zu stammen, oder aus einem Phosphorwasserstoffgehalte der Luft, welcher noch nachzuweisen wäre.

Schulz glaubt, daß die Pflanzen den Schwefel und Phosphor durch Zersetzung der aus dem Boden eingesaugten schwefel- und phosphorsauren Kalksalze mittelst der Drallsäure erhalten, deren Hauptzweck im Haushalte des Pflanzenlebens vorzüglich diese Zersetzung zu sein scheint. Aus der freien Schwefelsäure und Phosphorsäure werde dann im Lichte Sauerstoff ausgeschieden, während Schwefel und Phosphor assimilirt würden.

A. Vogel<sup>1)</sup> fand in Pflanzen, welche sich aus 100 Gran theils in zuvor stark erhitztes und gut ausgewaschenes gröbliches weißes Glaspulver, theils in aus Kieselfluorsäure ausgeschiedene Kiesel Erde gesäeten und nur mit destillirtem Wasser begossenen Kressensamen entwickelt hatten, 2,02 Gran Schwefel, während 100 Gran derselben Samen im unentwickelten Zustande nur 0,129 Schwefel enthielten. Diese Versuche wurden in einer Luft angestellt, welche auch nicht die geringste Spur von Schwefelwasserstoff erkennen ließ, und beweisen demnach entweder, daß der Schwefel kein einfacher Körper ist, oder daß die Quelle des Schwefels trotz aller Sorgfalt unentdeckt blieb.

Die Ursache der verschiedenartigen Assimilation der Grundstoffe durch die Pflanzen ist unbekannt.

Der Umstand, daß verschiedene Pflanzengattungen, welche auf einem und demselben Boden wachsen, dieselben Elemente zu so verschiedenartigen Substanzen vereinigen, liegt außer dem Bereiche unserer Erklärungen, da man sich hier nicht, wie beim Thierreiche, an die Mitwirkung eines Nervensystems halten kann. Die so weit vorgeschrittene anatomische Mikroskopie vermochte bis jetzt noch keine Nerven in den Pflanzen nachzuweisen, und die wenigen sensibilitätsähnlichen Erscheinungen, wie bei *Hedysarum gyrans* und einigen Mimosen, so wie die Wirkung von Nervenreizmitteln auf die Pflanzen können demnach keinen Ausschlag geben.

1) Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 25.

Was die ersteren betrifft, so lassen sich diese hoffentlich noch, wie das Ranken und die Wendungen der Pflanze nach der Lichtseite rein physikalisch erklären. Die Beobachtung aber, daß das Wachsthum der Pflanzen durch die äußerst geringe Menge Kampfer, welche sich im Wasser löst, ebenso durch kleine Mengen von Terpentın-, Thymian-, Anis-, Fenchel-, Lavendel-, Pfeffermünz-, brenzlichem Thier- und Steinöl, Weingeist u. befördert werde<sup>1)</sup>, und halb vertrocknete Pflanzentheile durch mit Wasser verdünnte Kampferlösung wieder ins Leben gebracht werden<sup>2)</sup>, beruht wahrscheinlich ebenso sehr auf einem rein chemischen Prozesse, als die Düngung mit Salzen und Säuren, welche gemeinhin mit dem Namen „Reizmittel“ bezeichnet werden. Von der Elektricität ist es hinlänglich bekannt, daß sie zerlegend auf organische Flüssigkeiten einwirkt.

Berzelius schlägt deshalb vor, die verschiedenartige Assimilation der Elemente durch die Pflanzen sich durch Annahme einer katalytischen Kraft zu erklären, vermöge welcher die festen Gewebe der Pflanzen die Verbindung der im Pflanzensaft enthaltenen Grundstoffe auf verschiedene Weise vermitteln, ohne selbst davon afficirt zu werden. (Vgl. auch S. 461.)

Daß aber das eigenthümliche Gewebe, oder vielmehr die Eigenthümlichkeit der Pflanze es ist, welche aus einen und denselben Grundstoffen verschiedene Verbindungen schafft, lag schon in der Frage, und es ist eigentlich durch die Annahme einer katalytischen Kraft, wie mit Mitscherlich's Contactwirkung mehr der Nomenclatur, als der wirklichen Erklärung gedient. Wir wissen bloß, daß die eigenthümlichen Verwandtschaftskräfte, welche die verschiedenartigen Assimilationsweisen begründen, schon im Entstehungsmomente der Pflanze angeregt worden sind, ohne uns über die Ursache dieser Eigenthümlichkeit den geringsten Aufschluß geben zu können.

Nachdem im Vorhergehenden gezeigt worden ist, woraus die Pflanzen bestehen, in der Lehre von der Zusammensetzung der Pflanzen, — wie sie ihre Bestandtheile aufnehmen, in der Lehre von der Pflanzenernährung, und woher sie dieselbe entnehmen, in der Lehre von den Quellen der Pflanzennahrung, bleiben noch drei wichtige Einflüsse auf chemische Prozesse überhaupt und sohin auch auf den vegetabilischen Lebensprozeß insbesondere kurz zu erörtern übrig, nämlich der Einfluß der Wärme, des Lichtes und der Elektricität auf das Pflanzenleben.

Die Pflanzen gedeihen nur bei einem gewissen Grad von Wärme, sie ruhen daher im Winter und entwickeln sich und blühen auch meistens im Sommer. Die zur Vegetation nöthige Wärme geht von einigen Graden über 0 bis 25° C. Anhaltend höhere Grade werden selbst den Pflanzen der heißen Länder schädlich. Übrigens verlangt fast jede Pflanze ihre besondere Temperatur und gedeiht deshalb nur in einem bestimmten Klima.

Einfluß der  
Wärme auf  
den Vegeta-  
tionsprozeß.

1) Vgl. Allgem. Forst- u. Jagdzeitung. 1833. S. 268.

2) Vgl. Allgem. Zeitung der deutschen Land- u. Forstwirthe. 1845. S. 324.

Die Nadelhölzer vertragen die stärkste Kälte, nach ihnen die Laubhölzer, Gras- und Getreidearten.

Einfluss der  
Kälte auf die  
Pflanzen.

Die im Freien ausdauernden krautartigen Gewächse gefrieren, wenn sie nicht von Schnee bedeckt sind, im Winter, ohne (die empfindlicheren, wie die Getreidearten wenigstens bei langsamem Aufthauen) eine nachtheilige Wirkung davon zu zeigen; auch die Mistel soll das Gefrieren ihrer Säfte aushalten. Die meisten jedoch und namentlich die saftreichen Pflanzen, daher die Zweige leichter als das Holz, und namentlich rindenlose Pflanzen gehen dabei zu Grunde. Das beim Gefrieren sich ausdehnende Wasser zersprengt die Gefäß- und Zellenwände, die weichen Theile sind wie gekocht und vertrocknen viel schneller, als auf andere Weise (langsam) abgestorbene Theile. Die Rinde und das Holz zerreißen oft unter Knall. Bei den Pflanzen, welche der Frost nicht zerstört, scheint die Elasticität der festen Theile das Zerreißen zu verhindern<sup>1)</sup>. Oft gefrieren indessen Gewächse, obgleich die Lufttemperatur noch mehrere Grade (5—6° C.) über dem Gefrierpunkte steht, da sich, namentlich krautartige Pflanzen, durch die Verdunstungskälte des bei heiterem Himmel stets sich bildenden Thaues nicht selten bis 8° C. unter der Lufttemperatur abkühlen<sup>2)</sup>.

Manche Pflanzen vertragen ebensowohl bedeutende Kälte als Wärme, wie die Flechten, Moose, Gräser, und zum Theil auch die Laubhölzer. Die Samen vertragen im trockenen Zustande die größte Kälte und eine selbst den Siedepunkt übersteigende Hitze ohne Schaden.

Die vollkommeneren Pflanzen sind an eine bestimmte Temperatur gebunden und es gedeihen weder die nördlichen in südlichen Ländern, wie unser Obst, noch die südlichen in kalten Klimaten, wie das Zuckerrohr, die Palmen, der Reis, der Maulbeerbaum u. Das Bestreben, solche Pflanzen an unser Klima gewöhnen zu wollen, ist demnach vergeblich.

Uebrigens bekommt eine etwas höhere Temperatur als die gewöhnliche den meisten Pflanzen besser, als eine außergewöhnliche Kälte. Die Verdunstung des Wassers erfolgt in der Wärme schneller und damit auch die davon abhängige Aufsaugung von Nahrungstheilen aus dem Boden.

Wärmeent-  
wicklung  
beim Vegeta-  
tionsproceß.

Darin weicht also der Vegetationsproceß von anderen chemischen und physikalischen (Verdunstungs-) Proceßes nicht ab, daß auch er durch die Wärme befördert wird. Es fragt sich nun noch, ob bei seinem Auftreten gleichfalls eine **Entwicklung von Wärme** beobachtet worden sei.

Man führte hierfür die Thatsache an, daß der Schnee um die Baumstämme früher schmelze, als anderwärts. Das Nämlische soll indessen im Umkreise von Pfählen geschehen. Beim Schmelzen des Schnees wird seiner Umgebung Wärme entzogen. Wird die Temperatur dabei endlich bis 0°

1) Eine andere, indessen wenig wahrscheinliche auf Analogie mit dem Thierorganismus gegründete Ansicht über die Ausdauer der Getreidearten bei Frostkälte findet sich im Pfenningmagazin Nr. 67. 1844. Quelle und Verfasser sind nicht angegeben.

2) Vgl. Forst- u. Jagdzeitung 1839. S. 486.

abgekühlt, so bedeckt sich das bereits aufgethauete Wasser selbst wieder mit einer Eiskrinde wie beim Glatteis. Das Holz und noch mehr die Baumrinde sind schlechte Wärmeleiter, sie geben zwar nicht so leicht Wärme ab, aber sie entziehen auch weniger die Wärme, und haben daher bis an den Punkt, wo sie aus dem Schnee hervorragen, nahezu die Temperatur des Bodens; der mit ihnen in Berührung stehende Schnee kann demnach nicht die niedrige Temperatur haben, wie der der Luft zugekehrte. Bei seinem Aufthauen durch die Luftwärme wird aber auch das damit in Berührung stehende Holz weniger abgekühlt als die Luft, das Schmelzen des Schnees kann daher an solchen schlechten Wärmeleitern bis auf eine gewisse Tiefe ungehinderter fortschreiten, als an der der Luft zugewendeten Seite.

Übrigens hindert, auch abgesehen hiervon, die Thatfache, daß der Schnee ebensowohl um Pfähle früher schmelze, als um Bäume, nicht, von dieser Erscheinung auf Wärmeentwicklung bei der Vegetation zu schließen, da der Fäulnißprozeß im todtten Holze dieselbe Wärmemenge entwickeln kann, als der Vegetationsprozeß im lebenden.

Da indessen auf den Schnee hingeworfene Strohhalme, dürres Laub, oder in einiger Entfernung darüber gehaltene Stüchchen Zeug dieselbe Erscheinung bewirken, so leitet Meloni die Erscheinung davon ab, daß die Wärme, wenn sie die Körper durchdringt, dadurch Eigenschaften erlangt, welche sie vorher nicht besaßen, und daß die einmal absorbirte Wärme eben dadurch auch geeignet wird, durch andere Körper nochmals absorbirt zu werden. Wenn daher z. B. von 100 Theilen Wärme, die unmittelbar von der Sonne ausstrahlten, nur 5 von dem Schnee absorbirt und die übrigen reflectirt werden, und wenn von einer anderen Seite der Baum, nachdem er von der Sonne 100 andere Theile erhalten hat, in der That nur 20 gegen den Schnee hin zurücksendet, wenn aber von diesen 20 Theilen 15 die Eigenschaft erlangt haben, absorbirt zu werden, so wird die Wirkung des Baumes die dreifache von jener der Sonne sein, wenn er wirklich dem Schnee fünfmal weniger Strahlen zusendet. Auch die Eigenschaft dunkel gefärbter Körper, — von den Sonnenstrahlen stärker erwärmt zu werden, mag das Ihrige zu dieser Erscheinung beitragen.

Man brachte Thermometer in die Bäume und fand sie wärmer als die Luft, allein nachher beobachtete man, daß die Pflanzen im Sommer etwas kälter, im Winter etwas wärmer als die Luft sind, weil das aus dem Boden aufgesaugte Wasser dessen Temperatur eine Zeit lang beibehält.

Göppert fand indessen später, daß die Wärmeentwicklung beim Lebensprozeß nicht in Abrede zu stellen sei. Kann man auch an einer einzelnen Pflanze die Temperaturerhöhung nicht wahrnehmen, so nimmt sie doch durch die Anhäufung vieler Individuen sehr merklich zu; so erhöht sie sich beim Keimen der Gerste um 6 bis 10° C. gegen die Temperatur der umgebenden Luft. Wenn die Blüten der Aronarten dicht beisammen stehen, so steigt die Temperatur um 10 Grade.

Dutrochet untersuchte die Temperatur lebender Pflanzen mittelst des äußerst empfindlichen Galvanometers von Peltier, bei welchem 19 Grade

Abweichung der Nadel einem Grade des 100theiligen Thermometers entsprechen. Den einen Pol seines thermoelektrischen Apparats brachte er mit dem Inneren eines von der Pflanze getrennten, somit der Lebenswärme beraubten Zweiges in Verbindung, den anderen mit der lebenden Pflanze und bedeckte das Ganze mit einer Glasglocke. Die Abweichung der Nadel zeigte den Unterschied in der Temperatur der todten und lebenden Pflanze deutlich. Die Temperatur der lebenden Pflanzen fand Dutrochet immer höher, als die der umgebenden Medien.

Diese Lebenswärme der Vegetabilien ist aber sehr verschieden, denn während der Stamm und die holzigen Theile, z. B. von *Sambucus nigra*, *Rosa canina* durchaus keine Wärme zeigen, ist die Wärmeentwicklung am Laub, den Sproßlingen nur im Moment der vollkommensten Entfaltung der Pflanze am ausgesprochensten. Unter allen Pflanzen bot die *Euphorbia Lathyris* die höchste Temperatur dar, aber sie verschwand während der Nacht auch vollkommen, so wie überhaupt ein Steigen der Temperatur bei Tag und ein Fallen bei Nacht sich allenthalben bemerklich machte. Versetzte man die Pflanzen auch in gänzliche Dunkelheit, so brachte man die Temperatur wohl ins Fallen, nichtsdestoweniger aber waltete das Gesetz der Ab- und Zunahme der Temperatur fort, welche von 10 Uhr Morgens bis 3 Uhr Nachmittags am höchsten stieg.

Einfluß des  
Lichtes auf  
den Vegeta-  
tionsproceß.

Wie bei so vielen anorganisch-chemischen Prozessen, so leitet auch das Licht beim vegetabilischen Lebensproceß Zersetzungen und Verbindungen ein. Die Desoxydation der in der Luft enthaltenen Kohlensäure und der aus dem Boden aufgenommenen kohlenstoffhaltigen Verbindungen erfolgt in den Pflanzen nur unter Einwirkung des Sonnenlichtes, nur bei Tage. Wachsen auch die Pflanzen bei Entziehung des Lichtes fort, so sieht man ihnen doch schon an der Farbe an, daß die Zusammensetzung ihrer Bestandtheile von der unter dem Lichteinfluß stehender Pflanzen abweichen muß. An dunklen Orten, wie in Kellern oder Gebüschern bleiben die Pflanzen weiß und misfarbig, und werden gleichsam wasserfüchtig, im Lichte dagegen werden sie grün. Die zur Wachs- oder Chlorophyllbildung erforderliche Desoxydation findet nur an der Sonne statt; nur sehr wenige innere Theile sind grün, wie einige Samen und ihre Wurzeln.

Doch ist das Bedürfnis des Lichtes verschieden. Die Pilze gedeihen am besten im Schatten und einige davon sogar in völliger Dunkelheit. Auch Flechten und Moose lieben den Schatten, nicht aber vollkommene Finsternis. Dem Leben der Wurzel und dem Keimungsproceß ist das Licht schädlich. Bei letzterem wenigstens weiß man aber auch, daß er zum chemischen Proceß des Blattes im umgekehrten Verhältnisse steht, er beruht auf Oxydation, auf Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlensäure. Der Saft strömt dahin, wo das Licht einfällt, der Theil schwillt an und richtet sich, oder wächst dem Lichte entgegen. Darauf scheint auch das Umdrehen vom Lichte abgekehrter Pflanzen, der Pflanzen- und Blüthenschlaf zu beruhen. Wie der Wurzel, so ist auch der Unterseite des Blattes die Einwirkung des Lichtes von Nachtheil. Hält man sie mit

Gewalt dem Lichte entgegen, so wird sie braun, endlich schwarz, und das Blatt stirbt ab, bisweilen sogar der ganze Zweig.

Was den Einfluß isolirter Lichtstrahlen auf die Vegetation betrifft, so ergab sich aus den Versuchen von Hunt mit jungen Pflanzen, daß diese nur unter blauen und rothen Lichtstrahlen kräftig vegetiren, unter grünen dagegen langsam welken und unter gelben in wenig Tagen sterben<sup>1)</sup>.

Wie das Licht bei vielen Prozessen des Pflanzenlebens den Erreger bildet, so stimmt auch der Lebensprozeß darin wieder mit anderen chemischen Prozessen überein, daß man in manchen Fällen eine Lichtentwicklung ohne gleichzeitige bedeutende Temperaturerhöhung beobachten kann, so ein phosphorisches Licht an einem in Bergwerken wachsenden Pilze, *Rhizomorpha subterranea*, so ein blüthartiges Leuchten an der Capucinerblume, Ringelblume und anderen gelben Blüten. Das Leuchten des Milchsaftes der *Euphorbia phosphorea* und anderer Gewächse beim Hervortreten aus der verwundeten Pflanze scheint, wie das Leuchten des faulen Holzes, mehr einer gewöhnlichen Zersetzung, als dem Lebensprozeß selbst anzugehören.

Einen gleich bedeutenden, wenn nicht noch größeren Einfluß als das Licht übt die Elektricität auf die Vegetation. Es ist längst durch Versuche nachgewiesen, daß sie das Wachsthum der Pflanzen auf eine oft überraschende Weise befördert.

Lichtentwick-  
lung beim  
Vegetations-  
prozeß.

Einfluß der  
Elektricität  
auf die Vege-  
tation.

Einzelne Baumzweige, auf welche man Elektricität einwirken ließ, entwickelten früher Blätter, als andere, welche nicht elektrisirt wurden.

Beßtrumb<sup>2)</sup> setzte mehrere Hyacinthen auf sogenannte Treibgläser in völlig dunklen Kasten, brachte einige davon täglich mehrmals auf ein Isolatorium und überließ sie 10—15 Minuten lang der Einwirkung des elektrischen Stromes. Sie trieben und entwickelten schnell Blüten, welche indessen weniger vollkommen waren, als die von anderen Hyacinthenpflanzen, welche man zwar auch auf Treibgläsern elektrisirte, aber gleichzeitig auch der Einwirkung des Lichtes am Fenster aussetzte. Die anderen nicht elektrisirten Hyacinthen in dunklen Kasten trieben zwar Blätter, aber ihre Farbe war gelb, sie waren welk und zeigten nicht eher Spuren von Blüten, als bis man sie ans Tageslicht brachte, oder elektrisirte. Auch die von Schneider in Berlin mit einer galvanischen Batterie an Hyacinthen angestellten Versuche hatten einen gleichen Erfolg.

Nach der Tribune von New-York<sup>3)</sup> zeigte Drabish in der Sitzung der Ackerbaugesellschaft mehrere Pflanzen vor, welche dem Einflusse eines galvanischen Stromes ausgesetzt gewesen waren. Es befanden sich darunter Goldäpfel von einer Höhe von 91 Centimeter (ungefähr 3 Fuß bayrisch),

1) Über die Neigung und Abwendung der Pflanzen von verschieden gefärbtem Lichte vgl. Berzelius' Jahresbericht. Jahrg. 23 (1844) S. 303 u. Jahrg. 24. S. 339.

2) Kastner's Archiv f. Naturlehre. VII. S. 351.

3) Vgl. gemeinnütziges Wochenblatt des Gewerbevereins zu Köln. 1845. S. 112.



Stengel von Tabak- und Baumwollpflanzen von 45 C. ( $1\frac{1}{2}$  F.), welche kräftig aussahen und in voller Blüte standen. Alle diese Pflanzen waren am 12. April gesät worden und hatten in 21 Tagen ihre vollständige Entwicklung erreicht.

Dass die Electricität nicht nur sehr vorteilhaft auf das Wachsthum einwirkte, sondern auch zum Theil den Einfluss des Lichtes ersetzen könne, zeigt ein ähnlicher Versuch, welchen Westrumb mit Rosen anstellte, wobei die Blätter der im Dunkeln befindlichen Pflanze gelb wurden und in diesem kränklichen Zustande blieben, bis sie ein elektrischer Strom umfloss.

Ein anderer Versuch wurde mit einem Myrthenbäumchen gemacht, welches man während des ganzen Monats October täglich elektrisirte; die Blätter zeigten nicht nur ein für diese Jahreszeit ungewöhnlich lebhaftes Grün, sondern es trieb auch Blüten<sup>1)</sup>.

Ob die Keimung durch Electricität befördert oder verzögert werde, konnte aus den hierüber angestellten Versuchen bis jetzt noch nicht genau ermittelt werden<sup>2)</sup>. Doch scheint eine schwache Einwirkung derselben auch hier günstig zu wirken. So keimten wenigstens Kressensamen, welche man befeuchtet zwischen Silber und Zink brachte, schneller als ohne diese metallische Berührung und Senfsamen, in Damentöpfen 5 Stunden lang elektrisirt, gingen in 3 Tagen auf, während andere, gleichzeitig gesät, 14 Tage brauchten. Junge Hanf- und Flachspflanzen, die man in kurzen Zwischenräumen 481 Mal elektrisirte, erreichten eine Länge von 82 Linien in derselben Zeit, wo andere nur 53 Linien lang wurden.

Einen anderen Versuch, welchen man mit der Erdelectricität in Schottland anstellte, führt die Zeitschrift „the Economist“ an. Man brachte auf zwei entgegengesetzten Seiten eines Gerstenfeldes ein Zink- und ihm gegenüber ein Kohlenelement (Cookschylinder) an, welche unterirdisch mittelst eines das Feld durchschneidenden, über der Erde aber durch einen daselbe ohne Unterbrechung umgebenden, an den vier Ecken durch eiserne Pföcke befestigten Eisendrahtes verbunden waren, und soll so das günstige Resultat einer Ernte erhalten haben, welche sich zu der eines nicht elektrisirten Feldes verhielt, wie 37 zu 15<sup>3)</sup>.

Hfse behauptete jedoch, bei mehrfacher Wiederholung dieses von Foster angegebenen Verfahrens nicht bloß keinen Einfluss auf die Vegetation wahrgenommen zu haben, sondern auch, daß auf diese Weise den Pflanzen oder dem Boden überhaupt gar keine Electricität zugeleitet werde<sup>4)</sup>.

Die Electricität des Bodens entwickelt sich indeß wirklich in so bedeutender Menge, daß ihre Anwendung bereits zu technischen Zwecken, wie

1) Krusch, gemeinfaßl. Abriss der wissenschaftl. Bodenkunde. 2. Aufl. 1847.

2) Vgl. Griep's neue Notizen. 25. Bd. 1845. S. 218.

3) Das Nähere über das Verfahren und über die Resultate vgl. Ökonomische Neuigkeiten und Verhandlungen von Plubel 1846 S. 464 aus dem New York Farmer and Mechanic.

4) Edinb. new philosoph. Journ. 1846. S. 143; Dingler's polytechn. Journ. 99. 1846. S. 378.

zur Bewegung von Uhrwerken, mit gutem Erfolg versucht worden ist, indem man dadurch die positive Electricität eines Zinkelements und die negative eines Kohlenelements durch die entgegengesetzten Electricitäten des Bodens in dem Maße zu verstärken vermochte, wie dies sonst nur bei bedeutender Consumtion des positiven Elements durch Säure gelingt. Die Pflanzen bilden vermöge ihrer Säftemasse gute Leiter für die Electricität des Bodens und der Luft (vgl. S. 494), und es gleichen sich beide Electricitäten in ihnen aus, indem sie zur Beschleunigung des im Pflanzenorganismus erfolgenden chemischen Processes (Vegetationsprozeß) verwendet werden.

Humboldt's Versuche über den Einfluß der Electricität auf die Vegetation mit Buchweizen, Gerste, Hirse, Bohnen, Weizen und Kartoffeln durch eingegrabene Zink- und Kupferplatten und unter- und oberirdische Verbindungsdrähte ergaben gleichfalls die günstigsten Resultate<sup>1)</sup>.

Da die stete elektrische Strömung von Osten nach Westen stattfindet, wahrscheinlich in Folge der schrittweisen Erleuchtung und Erwärmung der Erde, stellte ein schottischer Landwirth derselben einen starken Eisendraht als Leiter entgegen, den er genau in der Richtung von Norden nach Süden zwischen zwei hohen Stangen ausspannte. Beide an den Stangen heruntergeführte Enden des Drahtes wurden mit einem anderen in Verbindung gesetzt, der 2—3 Zoll tief in den Boden versenkt und auf eingeschlagenen Pfählen festgehalten wurde. Ein einen englischen Acker umfassendes Gerstenfeld, welches von diesem Draht umzogen war, soll 13½ Quarter schwerer Gerste, die übrige Fläche von gleicher Beschaffenheit nur den gewöhnlichen Ertrag von 5—6 Quartern vom Acker und zwar 14 Tage später, geliefert haben<sup>2)</sup>.

Obgleich sich aus dem Angeführten die günstige Wirkung der Electricität auf den Vegetationsprozeß hinreichend ergibt, so zeigt sie sich doch nur bis zu einem gewissen Grade ihrer Stärke wohlthätig. So geht nach Droussonet die Bewegungsfähigkeit von *Hedysarum gyrans* und gewisser Mimosen durch starkes Elektrifiziren auf einige Tage oder für immer verloren, so wird nach van Rarum der Saftausfluß bei *Ficus*- und *Euphorbia*-arten dadurch plötzlich gehemmt und bei noch stärkerer Anwendung das Leben der Pflanzen völlig vernichtet und die Fäulniß der organischen Körper durch Electricität beschleunigt. Humboldt, welcher wiederholt schwache Schläge der Kleist'schen Flasche durch frische Blütenstengel leitete, sah gleichfalls, daß dieselben alle Straffheit verloren, well herabhängen und in Folge der übermäßigen Electricität dieselbe Erscheinung schnell darbieten, welche die Entziehung von Feuchtigkeit und Wärme nur langsam hervorbringt.

Noch scheint mit dieser Einwirkung keine völlige Vernichtung der Lebenskraft verbunden zu sein, da die bewirkte Lähmung durch Eintauchen der Pflanzen in Salzsäure wieder gehoben werden soll.

1) Vgl. Ökonom. Neuigkeiten u. Verhandlungen. 1847. S. 222—224.

2) Krugisch, gemeinschaftl. Abriss der wissenschaftl. Bodenkunde. 2. Aufl. 1847.

Ungeachtet der Schädlichkeit eines Uebermaßes von elektrischer Einwirkung auf das Pflanzenleben hat man doch beobachtet, daß selbst eine intensive Elektricität das Wachsthum befördert, wenn ihre Einwirkung vorübergehend ist. Es wuchsen nämlich theilweise vom Blitze getroffene Pflanzen weit üppiger, als zuvor.

Es ist bekannt, daß gewitterreiche Sommer sich durch Fruchtbarkeit auszeichnen, und auf Borneo und Sumatra, wo es im Sommer fast täglich und oft des Tags zweimal wittert, soll zu dieser Zeit das Wachsthum der Pflanzen so außerordentlich sein, daß es alle Vorstellung eines Europäers übersteige. Auch bei uns erfolgt nach starken von Regen begleiteten Gewittern die Entwicklung der Knospen und Blätter so auffallend schneller, daß dies selbst der gemeinen Beobachtung nicht entgeht.

Diese Beförderung der Vegetation durch die negative Elektricität der feuchten Gewitterluft möchte vielleicht daraus zu erklären sein, daß die Pflanzen in einer Desorption, in einer Abstoßung des elektronegativen Sauerstoffs und Anziehung des positiven Kohlenstoffs und Wasserstoffs begriffen sind, welche durch negative Elektricität befördert werden, während der Lebensprozeß der Thiere, als in einer Drydation bestehend, von der negativen Elektricität beeinträchtigt werden muß, daher die erschlassende Wirkung der Gewitterluft auf das Thierleben, und die belebende auf die Vegetation.

Krankheiten  
der Forst-  
gewächse.

Ebensowohl als der Lebensprozeß der Pflanzen im gesunden Zustande, verdienen auch die Krankheiten derselben, und hier vorzugsweise die der Holzgewächse eine chemische Würdigung. Da wir aber in dieser Beziehung noch fast so viel als kein Material besitzen, so muß dieser Gegenstand noch der Zukunft überwiesen bleiben. Über die seitherigen Leistungen in diesem Gebiete in physiologischer Beziehung vergleiche man den umfassenden Aufsatz von Pfeil: „Einiges über die Krankheiten und Fehler der Waldbäume“ in dessen kritischen Blättern Bd. 17. Heft 1. 1842. S. 65—124.

Nun erst, nachdem dasjenige aus der Chemie angeführt worden ist, was man über die Bestandtheile der Pflanzen und die Assimilation derselben weiß oder vermuthen darf, erst jetzt läßt sich das Studium des chemisch-physikalischen Verhaltens jener Medien begründen, welche den Pflanzen die zum Leben nöthigen Stoffe liefern, wenn davon auf die Cultur der Pflanzen und hier insbesondere der Forstgewächse eine erfolgreiche Anwendung gemacht werden soll.

Diese Medien, aus denen die Pflanzen ihre Nahrung schöpfen, sind die Luft und der Boden. Die Lehre von den chemisch-physikalischen Verhältnissen der Luft zu den Forstgewächsen hat man forstliche Atmosphärologie und die von den chemisch-physikalischen Eigenschaften des Bodens in Beziehung zum Waldbau die forstliche Bodenkunde genannt.

### Atmosphärologie.

Die Beziehungen der Luft zur Pflanze im Allgemeinen und auf die Forstgewächse insbesondere beruhen auf ihrem Gehalt an verschiedenen Gas-

arten und auf den verschiedenen Zuständen, welche theils von diesem Gehalte, theils von äußeren Einflüssen abhängig sind.

Der Erdbörper wird von einer 9 $\frac{1}{2}$  geographische Meilen hohen Schichte Luft umgeben, welche vermöge ihres eigenen Druckes der Erde zunächst am dichtesten, nach oben aber immer dünner wird.

Diese Lufthülle der Erde heißt ihre Atmosphäre. Das eigenthümliche Gasgemenge, welches diese Lufthülle bildet, heißt atmosphärische Luft. Sie besteht, wie schon in der allgemeinen Chemie angegeben wurde, aus einem Gemenge von 79 Volumtheilen Stickstoff und 21 Sauerstoff mit  $\frac{3}{10,000}$  bis  $\frac{1}{10,000}$  Kohlensäure und Wassergas in einem nach der Temperatur und anderen Umständen wechselnden Verhältnisse. Atmosphärische Luft.

Der Gehalt der atmosphärischen Luft an Sauerstoff und Stickstoff, über deren Abstammung man ebensowenig etwas weiß, als über den Ursprung der übrigen auf unserem Weltkörper vorkommenden Elemente, ist nach den an den verschiedensten Orten angestellten Untersuchungen in allen Gegenden, in der Höhe und Tiefe und zu allen Tages- und Jahreszeiten gleich, und der Gehalt an Kohlensäure differirt wenigstens nur unbedeutend. Anders verhält es sich mit dem Gehalte an Wassergas, welches von einer großen Menge von Einflüssen abhängig ist.

Der Wassergehalt der atmosphärischen Luft nimmt mit der auf der Erdoberfläche stattfindenden Verdunstung zu und ab. Die Verdunstung erfolgt um so rascher, je größer die Oberfläche des verdunstenden Körpers, je höher die Temperatur, je geringer der Luftdruck und je rascher die Luft über dem verdunstenden Körper wechselt. Sie ist daher am stärksten auf Flüssen, Seen und Meeren, stärker auf einem unebenen, als auf einem glatten, also auch stärker auf einem porösen, als auf einem dichten Boden, stärker auf mit Pflanzen bewachsenem, als auf kahlem Boden; in warmen Gegenden und Jahreszeiten stärker als in kalten, stärker bei windigem Wetter, als bei Windstille. Feuchtigkeit der Luft.

Das Wasser behält die Gasform nur bei höherer Temperatur. Steigt es vermöge seines geringeren specifischen Gewichtes in die Höhe, so verdichtet es sich dort, weil die Wärme in den höheren Luftschichten geringer wird, zu fein zertheiltem flüssigen Wasser, welches die Wolken bildet. Um sich das Schweben oder Schwimmen dieser Wassertheile in der Luft zu erklären, nehmen diejenigen, welche diese Wassertheilchen für solide Tropfen halten, an, daß sich dieselben durch den Widerstand, welchen sie beim Fallen erfahren, etwa wie der Staub, oder durch eine höhere Temperatur der Wolke schwebend erhalten. Nach einer anderen Ansicht schweben die Wassertheile deswegen, weil sie keine soliden Tropfen, sondern hohle Bläschen sind. Steigt Wolken.

Konwalinka stellt nachstehende Erklärung auf: die tropfbar gewordenen Wassertheilchen bilden sich durch ihre Molecularanziehung nicht allein zu kleinen Kügelchen, sondern sie äußern auch eine Anziehungskraft gegen den noch expansiblen in der Luft enthaltenen Wasserdunst. Dadurch häuft sich dieser Wasserdunst um das Kügelchen herum

stärker an, als in dem übrigen Theile der abgekühlten Luft, verdrängt einen Theil der Luft aus der nächsten Umgebung des Kugelhens, so daß hier die Feuchtigkeit ihr Maximum erreicht, während der übrige Theil der Luft in einiger Entfernung vom Kugelhens eine geringere Feuchtigkeit besitzt. Vermöge des geringeren specifischen Gewichts des Wasserdampfes gegen das der atmosphärischen Luft (bei gleichem Druck und gleicher Temperatur) läßt sich nun erklären, daß das Wassertügelchen mit seiner Hülle von feuchter Luft nicht schwerer ist, als ein gleiches Volum mehr trockener Luft und daher in letzterer nach statischen Gesetzen schwimmen kann. Sind die Wassertheilchen gefroren, so erhalten sie durch die Krystallisation nur noch größere Oberfläche und können dann um so leichter schwimmen.

Die Entfernung von der Erde, wo die Wolken sich bilden, heißt die **Wolkenregion**. Sie ist um so höher, je wärmer und trockener die Luft ist. Bei sehr feuchter Luft und plötzlicher Abkühlung können sich die Wolken dicht über der Erdoberfläche bilden und heißen dann **Nebel**.

Nebel.

Eis, Dampf,  
Reif, Regen,  
Schnee etc.

Auf Pflanzen niedergeschlagene Wasserdünste heißen **Eis**, gefrorener Bläschen Dampf heißt **Dunst**, gefrorener Eis heißt **Reif**. Die in der Luft schwebenden Wasserbläschen können sich zu Regentropfen, Schnee, oder Hagelförnern sammeln, wodurch sie so schwer werden, daß sie sich nicht mehr in der Luft halten können, sondern zu Boden fallen.

Die Wolken verdichten sich indeffen nicht immer am Orte ihrer Entstehung zu Regen, da sie häufig von den Winden in entfernte Gegenden geführt werden. Die Winde führen daher Feuchtigkeit zu, wenn sie aus Gegenden kommen, wo sich die Luft mit Feuchtigkeit sättigen konnte, und haben sie die Feuchtigkeit während ihres Laufes noch nicht abgesetzt, so sind sie feucht. Daher führen die Winde, welche vom Meere kommen, am meisten Feuchtigkeit, und zwar um so mehr, je mehr sie vom Äquator kommen, weil dort die Verdunstung am größten ist. Auf ihrem Wege geben sie einen größeren oder geringeren Theil als Regen ab. Je mehr sie sich daher an Gebirgen und durch andere Umstände entladen haben, um so trockener sind sie. Daher die vom Festlande wehenden Winde im Allgemeinen wenig Regen bringen. Der Ostwind, welcher für Südamerika kühl und feucht ist und Regen bringt, ist für Senegambien trocken und brennend. Im ersten Falle kommt er aus dem atlantischen Meere, im zweiten aus trockenen Sandwüsten. Für Bayern sind die Westwinde feucht, die Ostwinde aber trocken, weil die Meere nach Westen weit näher liegen, als nach Osten. Die Südwinde bringen demselben weniger Regen, als sie nach der Nähe des mittelländischen Meeres bringen sollten, weil sie den größten Theil ihrer Feuchtigkeit schon am südlichen Abhange der Alpen abgeben, woraus die Überschwemmungen der Etsch und anderer Flüsse in Italien entstehen.

Küstenländer und Inseln zeichnen sich durch ihre anhaltende und gleichmäßige Luftfeuchtigkeit aus. Die feuchteste Luft haben Orte, welche zwischen großen Wasserflächen und hohen Bergen liegen, durch welche die aus dem Wasser mit Feuchtigkeit gesättigte Luft auf ihrem Landeinwärts ziehenden

Laufe zurückgehalten wird, bis sie sich in höhere Luftschichten erhoben hat, wo sie sich dann gewöhnlich gleich am Orte selbst als Regen niederschlägt. Überhaupt zieht jede Bergkette den Regen dadurch an, daß die Feuchtigkeit, sobald sie sich zur Höhe des Berges erhoben, durch die niedrige Temperatur zu Regen verdichtet wird<sup>1)</sup>. Dagegen haben Länder auf der einer mächtigen Feuchtigkeitsquelle abgewendeten Seite eines Gebirgskammes eine trockene Luft, da sie die mit Feuchtigkeit beladenen Luftströme erst treffen, wenn sie den Gebirgskamm überstiegen und zuvor einen großen Theil ihrer Feuchtigkeit verloren haben. Die Feuchtigkeit solcher Gegenden hängt daher vorzugsweise von inneren Wärmequellen ab.

Gebirgsländer haben demnach eine feuchtere Luft, als flache Gegenden. Im Gebirgslande selbst aber kommt wieder die größere Feuchtigkeit auf die der äußeren Feuchtigkeitsquelle zugewendete Seite. In Gebirgen mit tiefen Thaleinschnitten ist ferner wieder die Feuchtigkeit bedeutender, als auf Hochebenen und Gebirgen mit flachen Thälern, da die aus den eigenen Feuchtigkeitsquellen gelieferte Feuchtigkeit bei ersteren weniger leicht weggeführt wird.

Auch auf die inneren Feuchtigkeitsquellen haben die Gebirge einen wesentlichen Einfluß. Sie führen den Thälern die aufgefangene Feuchtigkeit in Quellen, Bächen und Flüssen zu.

Zu den inneren Feuchtigkeitsquellen gehört, außer den Bächen, Flüssen, Seen, Sümpfen u., auch der Pflanzenwuchs und namentlich die Bewaldung. Die Verdunstungsmenge eines Waldes steht der einer gleich großen Wasserfläche kaum nach. Da aber auch die Bewaldung die Bodenfeuchtigkeit zurückhält, so kann auch diese zur Quellenbildung veranlassen. Die Wurzeln der Holzpflanzen reichen in eine Bodentiefe, in welcher es nie an Feuchtigkeit mangelt, der Wald bildet daher eine gleichmäßige, auch bei anhaltender Trockne nicht versiegende Feuchtigkeitsquelle für seine und die benachbarten Luftschichten.

Außer der Feuchtigkeit hat auch, wie bereits oben gezeigt wurde, die Wärme der Luft einen hohen Einfluß auf die Vegetation. Die Temperatur der Luft ist im Allgemeinen abhängig 1) von der geographischen Lage, 2) von der Erhebung und örtlichen Lage, 3) von der Ausdehnung der Wasserflächen, 4) von der Beschaffenheit der Erdoberfläche, 5) von der Richtung der Winde und 6) von örtlichen Verhältnissen.

Unter dem Äquator, wo das Sonnenlicht die Erde senkrecht erreicht, treffen die meisten Strahlen auf eine gewisse Fläche. Mit der Entfernung vom Äquator nach den Polen nimmt die Wärme ab; man unterscheidet in dieser Beziehung eine heiße, zwei gemäßigte und kalte Zonen, doch steht diese Wärmeabnahme nicht überall mit der Entfernung in gleichem Ver-

Wärme der Luft.

Abnahme der Wärme mit der Entfernung vom Äquator.

1) Einen nicht unbeträchtlichen Antheil an der Anziehung des Regens scheint aber auch die Bewaldung der Berge zu haben, da die Anziehung der negativen Elektricität zur positiven der Vegetation noch durch die spitzigen Hervorragungen des Waldes begünstigt wird.

hältniffe. Es haben unter sonst gleichen Verhältnissen die Westländer der Continente eine höhere Temperatur, als die Ostländer. Nach großen Durchschnitten ist die Mitteltemperatur nach Celsus:

unter dem Breitengrade	des Westens der alten Welt	des Ostens der neuen Welt
30	21,4	19,4
40	17,3	12,5
50	10,3	2,3
60	4,8	4,6

Abnahme der  
Wärme mit  
der Erhebung

Was die Abnahme der Wärme mit der Erhebung betrifft, so ist dieselbe verschieden, je nachdem letztere in der Luft oder mit dem Boden, d. h. auf Bergen, stattfindet, sie ist verschieden nach Tages- und Jahreszeiten, nach der geographischen Breite, auf dem Festlande verschieden vom Meer auf dem Meere. Man nimmt im Allgemeinen für jede Erhöhung von 600 Fuß in den hohen Lagen um  $1^{\circ}$  C. ab, in den niedrigen Lagen ergibt sich eine viel schnellere Abnahme, indem sie in ersteren erst auf 640'  $1^{\circ}$  C., in letzteren für 397'  $1^{\circ}$  C. beträgt. Mit der Höhe der Berge nimmt die Vegetation ab und verschwindet endlich ganz, wo der ewige Schnee eintritt.

Temperatur-  
verschieden-  
heit nach der  
Richtung der  
Abhänge.

Außer der Erhebung ist aber die Temperatur abhängig von der Richtung der geneigten Flächen. Die südlichen Abhänge sind nicht bloß wärmer, weil sie den wärmeren Winden ausgesetzt und vor den kalten Nordwinden geschützt sind, sondern die Wärmeentwicklung wird auch durch die Richtung, in welcher die Sonnenstrahlen auffallen, vermehrt.

Einfluß gro-  
ßer Wasser-  
flächen auf die  
Temperatur.

Einen bedeutenden Einfluß üben ausgebreitete Wasserflächen, z. B. Meere, auf die Temperatur der Küstenländer. Im Sommer ist ihre Verdunstung beträchtlicher, als im Winter, sie mildern daher die Hitze des Sommers, im Winter wird das (mehr durch die Wärme des Bodens) verdunstende Wasser in geringer Höhe über seiner Oberfläche wieder tropfbar flüssig niedergeschlagen, es wird dabei Wärme frei, sie mäßigen demnach die Kälte des Winters. England, Holland, Norwegen zc. haben einen milderen Winter und kälteren Sommer, als die unter gleichem Breitengrade liegenden Continentalländer von Europa. Moore und Sümpfe kühlen zwar im Sommer die Hitze, vermindern aber nicht die Kälte des Winters. Die leichte Flüssigkeitsschicht derselben ist durch einen schlechten Wärmeleiter (durch die Erde) so weit vom warmen Mittelpunkte der Erde getrennt, daß die durch die Verdunstung entstehende Abkühlung die Oberhand erhält.

Einfluß der  
Vegetation  
auf die  
Temperatur.

Aus dem zuletzt angeführten Grunde entwickelt auch eine aller Vegetation beraubte Oberfläche eine höhere Temperatur, als eine mit Vegetabilien bedeckte, daher waldige Gegenden im Allgemeinen kühler sind. Doch können Waldungen indirect auch zur Erhöhung der Temperatur beitragen, wenn sie die in einer Gegend herrschenden kalten Winde abhalten.

Einfluß der  
Winde auf die  
Temperatur.

Die Winde erhöhen die Temperatur um so mehr, je mehr sie vom Süden kommen, wenn sie nicht durch hohe Gebirge oder ausgebreitete

Baldungen erkaltet werden. Bayern, namentlich der südliche Theil desselben, erhält daher vom Süden selten warme Winde, weil sie durch den Schnee der Alpen abgeköhlt werden. Winde, welche vom Meere kommen, sind im Sommer kühler und im Winter wärmer, als die von großen Landflächen wehenden; so sind die Westwinde im Winter wärmer, im Sommer kühler als die Ostwinde.

Zu den örtlichen auf die Temperatur influirenden Verhältnissen gehören Vulkane, künstliche Wärmeentwicklung, warme Meeresströmungen und die Feuchtigkeit der Atmosphäre. Die Temperatur in den Städten ist höher, als in der offen liegenden Umgegend. An der Seefüste erhöhen vom Aequator kommende Strömungen die Temperatur, während sie entgegengesetzte erniedrigen. Regen und bedeckter Himmel mindern die Wärme des Sommers, aber auch die Kälte des Winters.

örtliche Einflüsse auf die Temperatur.

Nächst der Feuchtigkeit und Wärme der Luft übt auch die Elektricität einen merklichen Einfluß auf die Vegetation.

Elektricität der Luft.

Die Quelle der Lufterlektricität mag mannichfaltig sein, vorzugsweise aber scheint sie in der Verdunstung des Wassers und beim Vegetationsprozeß ihre Entstehung zu finden. Armstrong beobachtete im Jahre 1840, daß ein Dampffessel beim Ausströmen des Dampfes negativ elektrisch werde, worauf man nachher die Construction von außerordentlich kräftigen (hydroelektrischen) Maschinen gründete, gegen welche die stärksten Reibmaschinen als kraftlos erscheinen. Pouillet hatte indessen schon früher gezeigt, daß beim Ausschleiden in Wasser gelöster Salze durch Verdampfen Elektricität frei werde. Nach Pouillet liefert eine Flur von 25 Quadratklaster in einem Tage mehr positive Elektricität, als man zum Laden der stärksten Batterie braucht. Die Luft ist bei bedecktem Himmel, wo also die Verdunstung des Wassers ihr Maximum erreicht hat, negativ elektrisch; positiv elektrisch dagegen bei heiterem Himmel und zwar stärker im Winter, als im Sommer, bei ruhigem Wetter stärker, als während eines Windes. Ihre Intensität wächst von unten nach oben und ändert sich mit der Jahres- und Tageszeit. Sie nimmt nach Schüller mit Sonnenaufgang zu und erreicht nach einigen Stunden ihr erstes Maximum, nimmt von da wieder ab und erlangt 1—2 Stunden vor Sonnenuntergang ein Minimum; steigt dann aber wieder schnell und erreicht einige Stunden nach Sonnenuntergang ihr zweites Maximum. Von da fällt sie die ganze Nacht, bis sie mit aufgehender Sonne abermals zu steigen beginnt. Im Sommer tritt das erste Maximum am frühesten, im Winter am spätesten ein, während das zweite Maximum im Sommer am spätesten, im Winter am frühesten stattfindet. Bei ruhiger, heitrier Luft sind diese Abwechselungen stärker, als bei trüber, und im Sommer fast doppelt so groß, als im Winter. Luftfeuchtigkeit, Nebel und Wolken stören diesen regelmäßigen Gang ganz. Das aus der Luft fallende Wasser ist fast immer, namentlich im Sommer, elektrisch und zwar positiv. Bei Nordwinden ist die Lufterlektricität gewöhnlich positiv, bei Südwinden negativ, die Ostwinde



nähern sich den nördlichen, die Westwinde den südlichen. Die Wolken sind fast immer negativ elektrisch.

Erforschung  
der Elektrici-  
tät.

Zur Erforschung der Lufterlektricität richtet man hohe, oben mit einem Metallstifte versehene Stangen im Freien oder auf dem Giebel eines Hauses auf und setzt sie durch Drähte mit einem Elektrometer in Verbindung, oder man bedient sich hierzu des elektrischen Drachen: ein gewöhnlicher, vor Regen durch Öltränken geschützter Papierdrache, in dessen Schnur ein Metalldraht eingeflochten ist und die Stangen des Gerippes mit Metallspitzen versehen sind, durch eine seidene Schnur oder Glasröhren isolirt und befestigt. Es sollen sich aus der Schnur zu jeder Tageszeit Funken ziehen und Flaschen laden lassen.

Gewitter.

Durch die elektrische Vertheilung zwischen einer Wolke und der Erde, oder die zwischen zwei Wolken unter sich entstehende Spannung der entgegengesetzten Elektricitäten entsteht das Gewitter. Die zwischen der Wolke und der Erde stagnirende Luftschicht wird ebenso geladen, wie das Glas an einer Kleist'schen Flasche. Die Entladung erfolgt, wenn die Spannung ihren höchsten Grad erreicht hat. Die beiden Elektricitäten durchbrechen dann die schlechtleitende Luft, um sich gegenseitig auszugleichen, wie das bisweilen bei einer überladenen oder zu dünnen Kleist'schen Flasche geschieht, mit großer Gewalt und einem starken Funken (Blitz oder Wetterstrahl), der wegen der großen Entfernung der beiden Belege (Wolke und Erde) meist zackenförmig erscheint und wie der Funke einer entladenen Flasche mit einem — nur heftigeren — Geräusche, dem Donnerschlage verbunden ist. Das anhaltende Rollen rührt von dem weiten Wege des Blitzes, der jener des Lichts weit nachstehenden Schnelligkeit des Schalls, der zugleich mit erfolgenden Entladungen anderer vom Blitze berührter Wolken und dem Wiederhalle des Donners her.

Nach Rowell enthalten die Wassertheilchen durch Vergrößerung ihrer Oberfläche durch Verdampfung größere Capacität für Elektricität und werden durch ihre elektrische Belegung schwebend erhalten. Der in der Luft schwebende Dunst wird bei der Condensation mit Elektricität überladen und so schwebend erhalten, bis die Überlast entweder als Blitz, oder auch unsichtbar zur Erde entweicht, wo dann die zurückbleibende elektrische Belegung nicht mehr hinreicht, die Dunstheilchen schwebend zu erhalten, sie fallen daher als Regen nieder und es wäre darnach möglich, Regen hervorzubringen durch Emporbringen elektrischer Leiter an die Wolken mittelst Luftballone, wodurch der Elektricitätsüberschuß der Wolken zur Erde entweichen kann. Die Entdeckung der Dampfelektricität betrachtet er für eine starke Stütze seiner Theorie, da dieselbe erst in größerer Entfernung von der Ausmündungsröhre des Dampfes entstehe, nicht aber an der Mündung selbst, wo sie doch — wenn die Elektricität, wie Faraday meint, durch Reibung entstehe — am stärksten sein müßte<sup>1)</sup>.

1) Edinb. new philos. Journ. Juli 1844. S. 317; Dingler's polytechn. Journ. 94. S. 366.

Die Entladung einer Gewitterwolke auf einen auf der Erde befindlichen Gegenstand erfolgt um so leichter, je mehr er durch Leitungsfähigkeit seiner Substanz, seine Verbindung mit dem Erdboden und durch seine Gestalt (Hervorragungen und Spizen) die vertheilende Wirkung der Wolke begünstigt. Daher das häufige Einschlagen auf die Ecken und Giebelspizen der Häuser. Der Blitz nimmt auf seinem Wege nicht die kürzeste, sondern die am besten leitende Richtung. Sobald vollkommene elektrische Ausgleichung des Blitzes erreicht ist, hören alle seine Wirkungen auf. Diese äußern sich überhaupt nur, wo er schlechte Leiter von zu geringer Capacität für sich antrifft, oder solche, die schlecht untereinander zusammenhängen und die er deshalb überspringen und durchbrechen muß. Er tödtet in diesem Falle Menschen und Thiere, schmelzt und oxydirt Metalle, zertümmert Gebäude und andere feste nicht leitende Körper und entzündet Feuer fangende Stoffe. Das letzte Ziel des Blitzes ist gewöhnlich die feuchte Erde oder das Wasser, zuweilen aber gleichen sich auch beide Electricitäten schon in der Luft aus.

Als gute Leiter sind dem Einschlagen besonders ausgesetzt metallene, namentlich spizige Gegenstände, wie die Kreuze auf Thürmen, Klingelhügel. Bei Bäumen fährt er gewöhnlich in dem saftreichen Zwischenraume zwischen Rinde und Splint, an nassen Häusern an der nassen Oberfläche herab, ohne ins Innere einzudringen. Vor Allem wählt er den saft- und nervenreichen Thierorganismus, wenn ein solcher in der Nähe ist. Er fährt im Sack an dessen Oberfläche herab, verbrennt Haare und Oberhaut und bewirkt den Tod durch die gewaltsame Nervenerstümmung, ohne sonst die Organisation der inneren Theile des Körpers zu verlegen. Diese Wirkung auf das thierische Leben erfolgt hauptsächlich dann, wenn der Blitz von anderen Körpern auf das Thier, oder von letzterem auf andere Körper abspringt. Doch durchbricht er dabei nicht leicht eine 3 bis 6 Fuß dicke trockene Luftschicht, oder wenn fest anliegende Kleider seine freie Ausbreitung an der Körperoberfläche hindern. Der Blitz wählt auf seinem Wege eher schwächere Leiter, die ihn weit, als gute, die ihn nur kurze Strecken leiten, verschont daher häufig Glocken, fährt aber gerne in mit Rauch (der durch seinen Kohlenstoff leitend ist) erfüllte Kamine herab.

Nach den Beobachtungen von Heinrich Herzog von Würtemberg werden von den Holzgewächsen vorzugsweise die Eichen, Linden, Pappeln, Weiden, Tannen, Fichten, Lerchen, Birnen- und Apfelbäume vom Blitze getroffen, seltner dagegen der Kirschbaum und sehr selten die Birke, und Hugh Maxwell schrieb 1787 an die amerikanische Akademie, nach seiner eigenen Erfahrung und nach vielseitig eingezogenen Erkundigungen glaube er behaupten zu dürfen, daß der Blitz oft in die Ulme, Kastanie, Eiche und Lanne, zuweilen in die Esche, nie aber in die Buche, in den Ahorn und die Birke einschlage<sup>1)</sup>. In den ökonomischen Neuigkeiten und Ver-

1) Die Birke, sagt ein amerikanisches Blatt, soll ein Nichtleiter des Blitzes sein. Die Thatsache ist so allgemein bekannt, daß die Indianer bei herannahenden

handlungen 1846. S. 592 wird jedoch ein Fall angeführt, wo eine Birke völlig vom Blitz zertrümmert wurde. Von der Weiß- und Rothbuche wird es von den meisten Forstleuten für eine ausgemachte Sache gehalten, daß sie dem Blitze nie zur Entladung dienen.

Herzog Heinrich fand, daß Weißbuchenholz, im Backofen ausgetrocknet, unter allen Holzarten, selbst die Nadelhölzer nicht ausgenommen, das Glas als Isolator am besten und zwar völlig ersetze. Daß man aber diese isolirende Wirkung nicht von dem grünen Holze erwarten dürfe, versteht sich von selbst. So wurde erst im Jahre 1835 eine alte Buche im Forste von Willers-Gotterets fast ganz vom Blitze zerstört und das seltene Einschlagen des Blitzes in Buchen mag allerdings dem Umstande mit beizumessen sein, daß die Weißbuche selten in reinem Bestande vorkommend, meist von anderen Bäumen übertragt wird. Herzog Heinrich hält deswegen dafür, daß es die Ausbünstung der Bäume vorzugsweise sein müsse, welche den elektrischen Strom anzieht, da die Nadelhölzer, welche wegen ihres bedeutenden Harzgehaltes als schlechte Leiter verschont bleiben sollten, gerade sehr häufig davon getroffen werden, so, daß also hier der Harzgehalt des Holzes der Leitungskraft von dessen Ausbünstung das Gegengewicht nicht zu halten vermag.

Bei der Acacie (*Robinia pseudoacacia*) findet man nicht selten nach schweren Gewittern einzelne Äste abgestorben, vielleicht in Folge ihrer zahllosen Dornspitzen.

Die starke Hitze und zündende Kraft des Blitzes rührt von der starken Zusammenpressung durch die schlecht leitende, nicht schnell genug vor ihm ausweichende Luft, oder durch Leiter von geringerem Umfange her, durch welche er sich daher mit Gewalt den Durchgang verschaffen muß. Daher werden  $\frac{1}{2}$  Zoll dicke Metalldrähte davon kaum erwärmt, während dünnere Drähte sich so stark erhitzen, daß sie schmelzen. Deshalb werden Gebäude vor dem Einschlagen durch den (1753 von Franklin erfundenen) Blitzableiter geschützt, wobei der Blitzstrahl durch eine gut verbundene metallische Leitung von hinreichender Capacität, ohne Schaden zur Erde geleitet wird.

Gewitter erfolgen in der Regel nur bei Windstille und warmer Jahreszeit, denn 1) ist im Sommer die Verdunstung (— E.) am stärksten und der Vegetationsprozeß (+ E.) am lebhaftesten, 2) schweben die Wolken im Sommer höher und theilen deshalb der Erde ihre Elektricität nicht so leicht mit, 3) sind die Nächte, wo die Luft feucht ist und der Erde Lufterlektricität zuleitet, im Sommer am kürzesten und 4) bewirken die

---

Gewittern ihre Arbeiten aufgeben und ihre Zuflucht unter dem ersten besten Birkenstamme suchen. In Tennessee sehen die Leute in der Birke einen vollkommenen Schutz. Dr. Decton in einem Schreiben an Dr. Mitchell versichert, daß man keinen Fall kenne, wo die Birke durch die atmosphärische Elektricität getroffen werden wäre, während andere Bäume oft in Splitter geschlagen werden. (Froriep's neue Notizen. 25. Bd. 1845. S. 314).

Sonnenstrahlen in den Wolken leichter eine Verdunstung und daher eine neue Anhäufung der Electricität. Die meisten Gewitter kommen im Juli vor, die wenigsten im Winter. Sie treffen in der Regel einen Ort um so häufiger, je höher seine mittlere Temperatur ist. Einige Gegenden der heißen Zone haben regelmäßig alle Tage ein Gewitter.

Die Gewitter sind auch häufig von Hagel begleitet, über dessen Entstehung bis jetzt noch eine befriedigende Theorie fehlt.

Das Gleichgewicht der atmosphärischen Luft kann durch verschiedene Winde. Veranlassungen gestört werden. Die dadurch hervorgebrachte Bewegung der Luft heißt Wind. Ein schwacher Wind heißt Lüftchen, ein heftiger Sturm, Orkan. Im gewöhnlichen Leben bezeichnet man nur eine fühlbare Bewegung der Luft mit Wind. Der Jäger hingegen bezeichnet damit jeden noch so schwachen Luftzug, der nur den Hauch des Mundes oder den Rauch der Pfeife nach einer bestimmten Richtung bewegt.

Die Winde üben einen bedeutenden Einfluß auf die Vegetation der Einfluß der Winde auf die Baldovegetation. Polgewächse, sie befördern die Verdunstung der Feuchtigkeit, führen, je nach ihrer Richtung, Regenwolken zu und ab, erhöhen und erniedrigen die Temperatur, befördern den Samenabflug, richten aber auch durch Windsturz oft fürchterliche Verheerungen unter den Waldbäumen an. Der Druck des Windes auf ihre Kronen wirkt durch die Länge des Schaftes nach dem Gesetze des Hebels auf ihre Wurzeln, die als der zweite Hebelarm zu betrachten sind, und die Schwere und Bindigkeit des Bodens als Gegengewicht.

Die Veranlassungen der Winde beruhen auf einer ungleichen Ausdehnung der Luft. Steigt an einer Stelle die Temperatur derselben, so erhebt sich die erwärmte Luftmenge vermöge der dadurch entstehenden Verringerung des specifischen Gewichts und es strömt in demselben Verhältnisse von der Seite kältere Luft an den sich entleerenden Raum. Die aufsteigende Luft muß zur Herstellung des Gleichgewichts oben wieder seitwärts abfließen; es hat also jede Erwärmung der Luft eine dreifache Bewegung zur Folge, ein Aufsteigen, ein Zufließen zur erwärmten Stelle in der unteren und ein Wegströmen von derselben in der oberen Region. Ähnlich wirkt Temperaturverminderung. Die Gegenden, welche von der Sonne am meisten erwärmt werden, sind daher als die Mittelpunkte der Luftströmungen anzusehen. Sie werden durch die Apendrehung der Erde modificirt, es muß daher die aufsteigende Luft schief von Osten nach Westen aufsteigen und der von Norden oder Süden kommende Strom muß eine nordöstliche oder südöstliche Richtung erhalten. Entstehung der Winde.

Da die größte und das ganze Jahr anhaltende Erwärmung der Erde Passatwinde. in der heißen Zone stattfindet, so muß dort das Aufsteigen und Zufließen der Luft von allen Seiten eintreten. Die aus Nord und Süd kommenden Ströme haben eine kleinere Rotationsgeschwindigkeit, als der Gegenb entspricht, wohin sie zielen. Sie bleiben daher in der Richtung von West nach Ost zurück und erscheinen als östliche Ströme. Es muß also, wo die Sonne im Zenith steht, und wohl auch in einiger Entfernung davon

ein beständiger Ostwind herrschen, während sie in anderen Gegenden mit der Jahreszeit wechseln. Solche beständige Winde, die eine ganze Jahreszeit hindurch nach einer Richtung und dann die andere nach der entgegengesetzten strömen, heißen **Passatwinde**, vom italienischen *Passata* Gang, Übergang, Fahrt, weil sie die Seefahrt begünstigen, indem man zur Zeit dieser Winde große Strecken ohne Veränderung des Laufes und ohne Wendung der Segel zurücklegen kann. Sie leiden durch Witterungswechsel ebenfalls an ihrer Regelmäßigkeit.

Hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Waldvegetation ergeben sich für die aus verschiedenen Himmelsgegenden wehenden Winde folgende Unterschiebe:

**Westwinde.** Die stärksten und für die Wälder am meisten gefürchteten Winde sind die West-, Südwest- und Nordwestwinde. Sie erweichen, da sie gewöhnlich mit Regen begleitet sind, den Boden, beschweren die Krone der Bäume und unterstützen dadurch ihre eigene Kraft, welche sich oft durch die Niederlage ganzer Bestände äußert, besonders wo ihnen durch fehlerhafte Wirthschaft leichter Eingang verschafft ist.

**Nordwinde.** Obgleich die Nordwinde zwar manchmal nicht minder heftig sind, so bewirken sie doch nicht so leicht die Stürzung der Bäume, als die Westwinde, weil zur Zeit, wo sie am anhaltendsten wehen, der Boden gefroren ist.

**Südwinde.** Die Südwinde ziehen vorzüglich in der Höhe und werden dadurch besonders den beholzten Scheiteln der Bergköpfe und Rücken gefährlich.

**Ostwinde.** Die Ostwinde sind hinsichtlich der Kraft die unbedeutendsten von allen.

Bei Beurtheilung der Wirkung dieser Winde muß immer ihr ursprünglicher Zug, der in mannfach gewundenen Thälern eine oft ganz abweichende Richtung erhält, berücksichtigt werden, was man am leichtesten aus dem Gange der Wolken entnimmt.

**Bergwinde.** Der größtentheils örtlich, an Berggipfeln entstehende, sich nach abwärts stürzende Wind heißt **Bergwind**. Er besteht gewöhnlich nur in einigen kräftigen Stößen und stürzt die Bäume abwärts. Auch die durch Lawinen erzeugten Stürme gehören hierher.

**Wirbelwinde.** Wirbelwinde sind solche, welche sich im Kreise drehend fortbewegen, sie führen öfter Staubsäulen und Laub in die Höhe. In den Wäldern reißen sie, selbst in dichtem Schlusse, ganze Lager nieder und werfen die Stämme ohne bestimmte Richtung durcheinander. Sie entstehen, wenn sich zwei entgegengesetzte Winde begegnen, wie an den Einmündungen der Seitenthäler in Hauptthäler, oder wenn heftige Luftströme wegen plötzlich entstehender, besonders im Winkel gebrochener Hindernisse zu einer rückgängigen Bewegung gezwungen werden. Sie sind besonders deshalb den Wäldern sehr schädlich, weil ihrer Wirkung am wenigsten entgegengewirkt werden kann.

Man erkennt die Richtung und Kraft der Winde einer Gegend aus der Richtung, nach welcher die Bäume vom Winde geworfen wurden, an

der Seite, woran freistehende Stämme stärker bewurzelt und rauher an der Rinde sind, ferner aus den Punkten, an welchen sich im Winter der meiste Schnee ansammelt und aus jenen, wo er weggeweht wird.

Die Beschaffenheit der Feuchtigkeit, Wärme, Electricität und Bewegung der Luft heißt **Wetter**, und der wechselnde Zustand des letzteren in einer gewissen Zeitperiode **Witterung**. Wetter, Witterung.

Die durchschnittliche Witterung einer Gegend heißt **Klima**. Nach der Vegetation im Allgemeinen unterscheidet man für Deutschland: Klima.

	Mittlere Jahres- temperatur	Bodenbearbei- tungszeit	Vegeta- tionszeit
Weinklima . . . . .	10—15° C.	9 Mon.	7 Mon.
Hopfen- oder Maisklima . . . . .	9—10° C.	8 "	6 "
Wintergetreideklima . . . . .	8—9° C.	7 "	5 "
Sommergetreideklima . . . . .	7—8° C.	6 "	4 "
Grenze der Ackerkultur . . . . .	unter 7° C.	unter 6 "	unter 4 "
Grenze des Waldbaues . . . . .	5° C.		
Schneegrenze . . . . .	3,4° C.		

Die Schneegrenze steht unter dem Äquator, oder bei 0° Breite 15100 Wiener Fuß über dem Meere.

20°	"	14400	"	"	"	"	"
30°	"	11100	"	"	"	"	"
40°	"	9800	"	"	"	"	"
45°	"	8600	"	"	"	"	"
62°	"	5500	"	"	"	"	"
65°	"	2700	"	"	"	"	"

75—77° fällt die Schneegrenze mit der Meeresfläche zusammen, es herrscht dort ewiger Winter.

Am allgemeinsten unterscheidet man folgende Arten: Das Klima meeresgleicher Ebenen, das Küstenklima, das Klima der Hochebenen, das Thalklima, das Klima der Flußniederungen und das Gebirgsklima.

Das Klima meeresgleicher Ebenen zeichnet sich im Allgemeinen aus durch warme Sommer und Tage, kalte Winter und Nächte, anhaltende Feuchtigkeit, wechselnd mit anhaltender Trockenheit. Die Luftwärme richtet sich nach der geographischen Lage. Die Strömungen der Luft sind sehr veränderlich, da ihre Ursachen meist in weiter Ferne liegen. Wirkliche Stürme sind selten. Klima meeresgleicher Ebenen.

Die mittlere Luftwärme des ganzen Jahres ist in Küstenländern durch die starke Verdunstung der benachbarten Wassermassen geringer, aber gleichmäßiger als im Binnenlande. Die Verdunstung des Wassers erniedrigt, wie schon angegeben, die Temperatur des Sommers und erhöht die des Winters. In Irland gedeiht in gleicher Breite mit Königsberg die Myrthe wie in Portugal, aber es reift kein Wein wie in Königsberg. Ebenso gleichen sich die Temperaturen des Tages aus. Die Feuchtigkeit ist bedeutend und besonders die feineren atmosphärischen Niederschläge sind

häufig. Die Strömungen sind heftig und meist von bestimmter Richtung, da ihre Ursache in der Nähe liegt.

Klima der  
Höhebenen.

Die Temperatur richtet sich nach der Erhebung über der Meeresfläche. In gleicher Höhe ist das Klima milder als das Gebirgsklima, rauher als das der Gebirgsthäler, die Luft trockener, aber mit häufigen Niederschlägen.

Thalklima.

Beim Thalklima ist die Wärme und Verdunstung durch die auf die benachbarten Bergabhänge senkrecht auffallenden Sonnenstrahlen erhöht. Sobald aber die Sonne zu wirken aufhört, setzt sich die Temperatur rasch mit der der Umgebung ins Gleichgewicht. Es wechseln daher heiße Tage mit verhältnißmäßig kalten Nächten ab, daher das häufige Eintreten von Frühlingsfrösten, die Vegetation erwacht frühzeitig und wird dann in den kalten Nächten getödtet. Durch die schnelle Abkühlung der feuchten Luft entsteht auch häufig Nebel und Reif.

Die Feuchtigkeit der Luft rührt aber nicht allein von der schnelleren Verdunstung her, sondern auch von der größeren Fruchtigkeit des Bodens, der sich von den benachbarten Abhängen ansammelt, und von der Ruhe der Luft, wodurch nur wenig von den aufsteigenden Dünsten verweht wird. Die Richtung der Luftströme ist beständig und abhängig von der Richtung der Thäler. Je mehr sich die Thäler abflachen, um so mehr nähert sich ihr Klima dem der Höhebenen. Es erleidet auch nach der Richtung der Thäler bedeutende Abänderungen.

Klima  
der Flußniederungen.

Das Klima der Flußniederungen ist im Allgemeinen dem der Tiefebene gleich, zeichnet sich aber durch größere und gleichmäßigere Luftfeuchtigkeit und beständigere Richtung der Luftströme aus. Dies gilt indessen nur für breite Niederungen, schmale theilen das Klima benachbarter Ebenen, oder sie haben, wenn sie von Bergen eingeschlossen sind, ein Thalklima.

Gebirgsklima

Beim Gebirgsklima ist die Temperatur verschieden nach der Erhebung von der Meeresfläche. Doch ist die Abnahme der Wärme durch die Höhe um so geringer, je sanfter das Gebirge ansteigt. Je bedeutender die Erhebung, um so kürzer der Zeitraum der Jahreswärme, um so bedeutender das Schwinden des Herbstes und Frühlings. Dem langen und schneereichen Winter folgt fast unmittelbar der kurze, heiße Sommer, diesem ein zwar im Allgemeinen kurzer, gegen die Dauer des Frühlings aber langer, milder und heiterer Herbst. Die Luftfeuchtigkeit ist an sich geringer, als in tieferen Gegenden. Dagegen treten häufige Niederschläge ein, deren Verdunstung wieder die Atmosphäre sättigt. Daher die großen Schneemassen im Winter und das seltene Hervortreten der hohen Kältegrade, als in der Ebene. Die Luftströmungen sind häufig, heftig und meist von beständiger Richtung. Übrigens hat die Lage der Abhänge nach verschiedenen Himmelsgegenden einen wesentlichen Einfluß auf das Gebirgsklima.

Die Ostseite ist trocken und kalt, da sie die Sonne nur Vormittags trifft, wo sie noch nicht den höchsten Grad der Erwärmungskraft erreicht hat und die sie erreichenden Winde auf dem weiten Wege vom Meere her ihre Feuchtigkeit abgesetzt haben. Die Luftströme sind selten heftig.

Bei dem späten Erwachen der Vegetation hat man von Spätfrösten wenig zu fürchten; mehr schaden im Herbst die rauhen Ostwinde den noch zarten Samenpflanzen. Man sät daher im Herbst.

Die Westseite erhält die senkrechten Sonnenstrahlen zwar erst des Nachmittags, wenn die größte Hitze vorüber ist, allein die Erwärmung wird dadurch erhöht, daß sie stattfindet, wenn die umgebende Luft bereits erwärmt ist; daher trocknet diese Seite bei anhaltend trockenen Winden stärker aus, als die Ostseite. Bei uns in Deutschland gleicht sich dies wieder durch die häufigen feuchten Westwinde aus. Das Klima ist mild, die Luft feucht, hohe Kälte- und Wärmegrade und daher auch Früh- und Spätfröste selten. Desto nachtheiliger werden oft die heftigen Luftströmungen. Am gefährlichsten sind sie den Südwest- und Nordwesthängen wegen der schiefen Richtung des Windes.

Die Nordseite erhält die Sonne erst spät am Tage und in schiefer Richtung, weshalb hier die Wärmeentwicklung am geringsten ist. Obgleich sie an und für sich wenig Feuchtigkeit besitzt, so wird doch die Feuchtigkeit wärmerer Luftströme hier häufig niedergeschlagen. Die Vegetation erwacht langsam; Spätfröste sind daher selten, häufiger Frühfröste. Die Luftströmungen sind hier nicht gefährlich, wohl aber, wie angegeben, an der Nordwestseite. Der Temperaturunterschied zwischen Tag und Nacht ist unbedeutend.

Die Südseite begünstigt die Vegetation am wenigsten. Die Sonne wirkt den ganzen Tag und Mittags senkrecht, trocknet daher den Boden und die Luft aus. Die Vegetation erwacht frühzeitig, Spätfröste werden daher gefährlich, man sät deswegen spät und schützt den Boden vor dem Austrocknen durch gehörige Beschattung. Die südwestliche Lage gestattet heftige Luftströme<sup>1)</sup>.

### Bodenkunde.

Man versteht, wie schon angegeben wurde, unter forstlicher **Bodenkunde** oder **Agronomie** die Lehre von den chemisch-physikalischen Eigenschaften des Bodens in Beziehung zur Waldvegetation. Begriff von  
Bodenkunde  
und  
von Boden.

Boden nennt man in dieser Beziehung die obere lockere Schichte des Erdbörpers, so weit diese den Ausbreitungen der Pflanzenwurzeln zugänglich ist. Im Gegensatz zur unteren festeren Schichte heißt er **Bodenkrume** oder **Obergrund**.

Der unter der lockeren Schichte oder Bodenkrume liegende festere Theil der Erdrinde heißt die **Bodenunterlage** oder der **Untergrund**. Bodenunter-  
lage. Sie hat entweder bis auf eine beträchtliche Tiefe mit der oberen lockeren

1) Über die Veränderung des Klimas unserer Erde vgl. Forst- und Jagdzeitung. 1839. S. 35. Über den zweifelhaften Einfluß des Mondes auf Witterung und Vegetation denselben Jahrgang S. 391 u. 486. 1838. S. 76. 1842. S. 278. Über den Einfluß der Waldungen auf die Witterungsverhältnisse und das Klima vgl. die Schrift von Petersen. Altona, Schläter. 1846. (1/2 Thlr. oder 18 Kr.).



oder krümligen Schichte gleiche Zusammensetzung, oder besteht aus anderen Substanzen, wie Sand, Steingerölle, Felsen u.

Im ersten Falle kann sie durch bloße Auflockerung in Krume übergehen. Doch wird dann die Grenze zwischen beiden wenigstens durch eine dunklere Färbung des Obergrundes angedeutet. Die Auflockerung kann entweder künstlich geschehen durch Bearbeitung mit dem Spaten oder Pflug, welche aber fast ausschließlich nur dem Feldbau angehört, oder natürlich durch die in die Unterlage bringenden Wurzeln, deren Verwesung zur Auflockerung der festen Schichte beiträgt. Die steinige oder festsige Unterlage verliert nur durch chemische Zersetzung mittelst des Einflusses der Luft, durch Verwitterung ihre Cohärenz. Aus ihr hat sich indessen die Gesamtmasse der Bodentrume, wenigstens ihre hauptsächlichsten oder mineralischen Bestandtheile, gebildet. Dieser Theil der Erdrinde muß deshalb hier einer genaueren Würdigung unterstellt werden, weil erst daraus eine weitere Einsicht in die Entstehung der Bodentrume zu gewinnen ist.

Wir haben uns demnach zunächst zu beschäftigen mit den nächsten Bestandtheilen der festen Erdrinde im Allgemeinen und in ihren räumlichen Verhältnissen. Ihre Betrachtung bildet den Gegenstand der Geognosie. Auf derselben läßt sich erst die Geologie oder die Lehre von der Entstehung der Erde begründen. Nach ihr folgt die Petrographie oder die Lehre von den Eigenschaften und der Zusammensetzung der einzelnen Gesteinsarten.

### Geognosie.

Da wir bis jetzt die Grenze zwischen Rinde und Kern der Erde noch nicht kennen, so fällt das Studium der physikalisch-chemischen Verhältnisse der Erdrinde mit denen des Erdkörpers überhaupt zusammen.

Spezifisches  
Gewicht der  
Erdmasse.

Was das spezifische Gewicht der Erdmasse betrifft, suchten es Maskelyne und Hutton zuerst im Jahre 1774 durch die Ablenkungen des Loths zu bestimmen, welche der einzeln stehende Bergkegel Schhallien in Portshire bewirkte, und fanden es nach dem Verhältnisse der Erdmasse zur Bergmasse = 4,7. Cavendish berechnete es bald nachher aus der gegenseitigen Attraction großer Bleimassen, welche er durch Schwingungen fand, zu 5,3, Carlini ebenso mittelst Pendelschwingungen auf dem Berge Senis zu 4,1, Drobisch nach den Pendelschwingungen in der Grube Dolcoath in Cornwall 1200' unter der Erdoberfläche zu 5,4. Man kann daher das spezifische Gewicht der Erdmasse zu 5 annehmen. Diese Dichtigkeit muß vermöge des ungeheueren Druckes auf die unteren Schichten gegen den Mittelpunkt der Erde zunehmen.

Unebenheit  
der Erdober-  
fläche.

Die Erdoberfläche ist ziemlich uneben. Beiläufig ein Viertel der Erdoberfläche ragt aus dem Wasser empor. Dieser hervorragende Theil steigt, wie in den Hochgebirgen Asiens, bis gegen 24000 Fuß über die Meeresfläche. Das mittelländische Meer hat bis zu 1000 Faden reichende Tiefen, während die Tiefen des großen Weltmeeres noch gar nicht gemessen werden konnten, sich aber auf 3 Meilen schätzen lassen mit einer mittleren

Tiefe von 6000 Fuß, wenn man annimmt, daß sich die Unebenheiten des Festlandes verhalten, wie ihre Flächenausdehnungen.

Die Wärme der Erdoberfläche muß nach den großen Temperatur-  
 unterschieden zwischen Tag und Nacht, Sommer und Winter und zwischen Temperatur  
der Erde.  
 den verschiedenen Zonen der Erde, ihre Hauptquelle im Sonnenlichte haben. Nach Caldecotte's Beobachtungen<sup>1)</sup> dringt die Sonnenwärme bei uns, wie am Äquator, über 12 Fuß in den Boden, indem bei dieser Tiefe die Temperaturverschiedenheit nach der Jahreszeit noch  $1\frac{1}{4}^{\circ}$  C., bei 6 Fuß aber 3 und bei 3 Fuß  $4,44^{\circ}$  beträgt. Nach Ferguson und Muntz verschwinden die jährlichen Änderungen der Temperatur in einer Tiefe von 30, nach Fourier erst bei 180 Fuß. Nach Schöne's Beobachtungen dagegen sind, wenn auch die täglichen Oscillationen der äußeren Wärme schon bei 240 Fuß nicht mehr wahrgenommen werden, die jährlichen Schwankungen selbst noch bei 700 Fuß Tiefe bemerkbar.

Unter dem Äquator beträgt die mittlere Lufttemperatur  $27\frac{1}{2}^{\circ}$  C., die mittlere Meeresoberflächentemperatur  $25,6^{\circ}$ . Die Lufttemperatur übersteigt auf dem Lande nie  $45^{\circ}$  und zur See nie  $31\frac{1}{2}^{\circ}$ . Die Temperatur des Meerwassers kann gleichfalls bis  $31^{\circ}$  steigen. Die mittlere Temperatur des Nordpols wird auf  $-15^{\circ}$  C. geschätzt und die niedrigste je beobachtete Temperatur hat  $-50^{\circ}$  C. noch nicht erreicht. Die südliche Halbkugel ist kälter, als die nördliche.

Die Erde kann nie eine niedrigere Temperatur annehmen, als die des Weltraums, man kann daher diesem eine Temperatur von etwa  $-50^{\circ}$  zuschreiben. Die Luft ist daher um so kälter, je mehr sie von der Erde entfernt ist, weil sie dann um so weniger von der Erde, und wegen ihrer zunehmenden Dünne und Durchsichtigkeit, auch weniger von dem Sonnenlichte erwärmt wird, denn das Licht erwärmt nur, insofern es absorbiert wird. Das Thermometer von C. fällt durchschnittlich um 1 Grad bei jeder Erhebung von 750' von der Erdoberfläche.

Berücksichtigt man, daß Quellwasser oft von hohen Bergen herabkommen und die meteorischen Niederschläge zu einer Zeit erfolgen, wo die Lufttemperatur für den betreffenden Ort am niedrigsten steht, so ergeben doch die Beobachtungen unter allen Himmelsstrichen, daß das Wasser eine höhere Temperatur aus dem Boden mitbringt, als es dahin mitgenommen hat. Diese Erwärmung, unter dem Äquator kaum merklich, beträgt in unseren Gegenden meistens über 1 Grad, und ist im Norden noch beträchtlicher. An den Stellen, wo ewiger Schnee liegt, schmilzt dieser Schnee und das Glätschereis an der Erde fortwährend, es entspringen daher dort die größten Ströme. Je tiefer die Quellen hervorkommen, um so wärmer sind sie; doch erreichen heiße Quellen fast nie die Siedhöhe ganz, wahrscheinlich weil sie dieselbe unterwegs verlieren. Das Mittel aus den angestellten

1) Poggendorff's Ann. d. Physik u. Chemie. Ergänz. Bd. II. 1845. S. 191 aus Proceed. of the R. Soc. Edinb. Vol. II. S. 29.

Beobachtungen gibt für 1° C. Temperaturerhöhung eine Tiefe von 107 Fuß an. Denkt man sich nun diese Temperaturzunahme fortgesetzt, so muß die Erdmasse bei einer gewissen Tiefe flüssig sein. Letztere läßt sich zwar wegen der bedeutenden Abweichungen in den Beobachtungen über Wärmezunahme und weil wir das Leitungsvermögen der festen Erdschichten nicht genau kennen, auch nicht sicher berechnen, kann aber wohl 8 Meilen nicht überschreiten.

In der Annahme, daß die Erdmasse in einer Tiefe von 8 Meilen sich im geschmolzenen Zustande befindet, finden die Erdbeben und vulkanischen Ausbrüche, so wie das Ausströmen von kohlensaurem Gase und heißen Quellen ihre genügende Erklärung. Es leuchtet daraus ferner ein, warum die meisten vulkanischen Ausbrüche im Meere und an dessen Rande stattfinden, weil nämlich dort die Dicke der festen Erdrinde am geringsten sein muß. Nach Leopold v. Buch und Lyell stehen die thätigen Vulkane in Linien, welche wahrscheinlich großen Spalten in der Erdrinde entsprechen. Es kommen nie, oder nur höchst selten zwei oder mehrere Ausbrüche in derselben vulkanischen Linie gleichzeitig vor. Wir haben in Europa 3 (die sicilische, die des griechischen Archipelagus und die isländische) in Asien 7, in Afrika 4 und in Amerika eine, aber sehr große vulkanische Linie.

Die feste  
Erdrinde.

Die feste Erdrinde wurde noch an sehr wenig Stellen bis auf 1000 oder 1500' von Menschen durchdrungen. Die größte Tiefe, welche man erreicht hat, ist 2000'. Die Dicke der festen Rinde zu 8 Meilen genommen, beträgt dies erst  $\frac{1}{100}$  davon.

Bei Weitem der größte Theil der Erdrinde besteht aus festem Gestein. Die losen Massen haben sich durch Verwitterung und mechanische Einwirkung getrennt. Die festen Massen sind zum Theil geschichtet, zum Theil nicht. Die geschichteten nehmen den größten Theil der Erdoberfläche ein. Ihre Schichten sind nur sehr selten horizontal gelagert. Bei geneigter Lage gehen ihre Enden meist zu Tage, wo man ihre Mächtigkeit und Reihenfolge untersuchen kann.

Urgebirge.

Den Grundtypus der ungeschichteten Massen bildet der Granit, welcher aus Quarz, Feldspath und Glimmer in krystallinischer Structur besteht. Herrscht der Glimmer vor mit parallel gelagerten Blättchen, so entsteht der Gneis. Wo Hornblende auftritt, der Glimmer aber größtentheils und theilweise auch der Quarz verschwindet, da geht der Granit in Syenit über. Tritt aber die Hornblende noch mehr hervor, so entstehen die verschiedenen Arten von Grünstein, welcher bei körniger Structur Diorit heißt. Ein körniges Gemenge von Augit und Feldspath heißt Dolerit, das Gemenge von körnigem Feldspath, Augit und Hornblende aber Gabbro, ein Gemenge von sehr feinkörnigem Feldspath mit Schiller-spath Serpentinfels.

Diese Gesteine bilden die unteren Lager der Erdrinde in unerforschter Mächtigkeit und in außerordentlichen Dimensionen ohne Zerklüftung. Oft sind aber auch diese Massen hoch aus der Tiefe emporgehoben und bilden dann die höchsten Gipfel und Rücken der Gebirge. Nur dort kann man

sie suchen, da sie in den niedrigeren Gebirgen zu hoch mit neueren Schichten bedeckt sind. Bei diesen Erhebungen mußte die feste Masse auf mannichfaltige Weise aufgerissen werden, wodurch die wunderlichsten Gruppirungen der Felsen entstanden. Die verschiedenen Felsarten der Urgebirge gehen unmerklich ohne bestimmte Folgenreihe in einander über.

Die Urgebirge enthalten keine Spur organischer Überreste, und den Kohlenstoff nur als kohlen sauren Kalk. Nichts widerspricht der Entstehung dieser Massen durch Abkühlung aus dem geschmolzenen flüssigen Zustande. Es ist durch Versuche erwiesen, daß der kohlen saure Kalk unter einem starken Drucke zum Schmelzen gebracht werden kann, ohne seine Kohlen säure zu verlieren, und die unmerklichen Übergänge derselben in Gestein von unbestritten vulkanischer Abstammung zeigen bei ihnen eine ähnliche Abstammung.

Diesen ungeschichteten Massen folgt eine Gruppe schieferiger Gesteine, die mit ihnen ohne bestimmte Ordnung abwechseln und ebensovemig eine Spur von Versteinerungen zeigen. Sie besteht aus Thon-, Kiesel-, Glimmer-, Talk-, Chlorit- und Hornblendeschiefer, Quarzfels u. Diese Felsarten bilden den unmerklichen Übergang zu den mittleren Gebirgen, worin sie ebenso wie in den Urgebirgen eingelagert vorkommen.

Die geschichteten Gebirgsarten fangen mit der Grauwacke in den sogenannten Übergangsgebirgen an. Die Grauwacke zeigt die ersten Spuren organischer Reste, sie muß durch Niederschlag entstanden sein. Man rechnet zum Grauwackengebirge oft noch den Übergangskalkstein und den alten rothen Sandstein, oder das sogenannte Todtliegende. Im Übergangsgebirge fangen die Kohlenablagerungen an, sind aber darin noch selten und von geringer Ausdehnung. Von Pflanzen finden sich Equiseten, Calamiten und Fucoiden; es mußte also zur Zeit der Entstehung dieser Gebirge schon Festland vorhanden sein. Von Thieren finden sich nur die niedrigsten Klassen repräsentirt, wie Zoophyten, Radiarien, Mollusken und Crustaceen, alle von anderen Geschlechtern, als die jetzt die Meere bewohnen. Von Fischen fand man einige wenige Flossenstacheln, Baumenzähne und Knochen.

Grauwacken-  
gruppe oder  
Übergangs-  
gebirge.

Der Grauwackengruppe folgt das Kohlengebirge. Trat im Übergangsgebirge auch eine entschiedene Schichtung ein, so wechseln doch die Neigungen dieser Schichten in kurzen Strecken. Im Kohlengebirge dagegen ist die Flößbildung sehr regelmäßig, die Schichten zeigen auf meilenweiten Strecken ein kaum merkliches Streichen und Fallen; selten erreichen sie die senkrechte Richtung. Die Kohlenflöze wechseln mit Bänken von Sandstein und Schieferthon ab, auch enthalten sie schwache Lager von Thoneisenstein (Sphärosiderit). In England wechseln sie mit Kalksteinschichten. Die Mächtigkeit der Kohlenflöze wechselt von einigen Zollen bis 30 und 60 Fuß. In der Regel liegen mehrere, bisweilen, wie im Saarbrücker Kohlengebirge, selbst 120 Flöze parallel übereinander.

Steinkohlen-  
gebirge.

Die Kohlengebirge sind reich an Pflanzenüberresten; der Schieferthon enthält so viele Pflanzeneindrücke, daß sie noch nicht einmal alle bestimmt sind, wie Equisetaceen, Filices, Lycopodiaceen, Cannae, also vorzugsweise

Sumpf- und Küstenpflanzen. Ihre ungeheure Größe, besonders die baumartigen Farrenkräuter deuten auf einen sehr fruchtbaren Boden und ein heißes Klima und zwar im Norden, wie im Süden. Conchilien hat man etwa 12, von Fischen noch weniger Arten gefunden.

Das Rothliegendes.

An die Kohlengruppe reiht sich die des rothen Sandsteins an. Sie besteht, von der jüngsten Schichte angefangen, aus Lagern von buntem Mergel (Keuper), Muschelkalk, buntem Sandstein, Zechstein, Kupferschiefer oder Alpentalkstein und von rothem Sandstein. Die Flöze liegen noch flacher und regelmäßiger, als im Kohlengebirge. Diese Gruppe ist wichtig durch die ihr angehörnden Salzlager (wie in Lothringen, am Neckar, in Sachsen und in der Schweiz), durch den im Zechstein gelagerten bituminösen Kupferschiefer (im Mansfeldischen).

Der rothe und bunte Sandstein enthält nur wenig Versteinerungen, mehr der Zechstein. Der Muschelkalk ist reich daran, wie schon sein Name sagt, namentlich an Fischen. Hier treten zuerst die Saurier auf und Reste von riesenhaften Schildkröten. Auch im Keuper kommen unter anderen die Saurier vor.

Die Mächtigkeit der Gruppe mag durchschnittlich an 2000' betragen, in welche sich die einzelnen Glieder, wenn sie vorhanden sind, ziemlich gleichförmig theilen.

Juraformation.

Die nächstjüngere Gruppe wurde vom Jura, wo sie besonders charakteristisch und in großer Ausdehnung vorkommt, Jurakalk genannt. Ihr Hauptglied ist der Dolithenkalk oder Rogenstein. Thon-, Sandstein-, Mergel- und Kalksteinschichten wechseln mit dem Jurakalk und gehen gegenseitig ineinander über.

Der Jurakalk enthält wieder höhere Thiere und Pflanzen, Eycadern, Coniferen und Liliaceen, viele Mollusken und Saurier und im Dolithenkalk von Stonesfield fand man die erste Spur von Säugethieren, (*Didelphis Bucklandi*) und die ältesten Überreste von Insekten.

Die Mächtigkeit dieser Formation kann durchschnittlich zu 2500 Fuß angenommen werden.

Das Kreidegebirge.

Nach dem Jurakalk ist die nächstjüngere Schichte das Kreidegebirge. Außer der eigentlichen Kreide gehört zu demselben noch ein mächtiges Mergelgebilde, nach der starken Färbung, welche ihm grüne Körner ertheilen, Chloritmergel genannt, auch Plänerkalk oder Quadersandstein. Es ist im nördlichen Deutschland und Frankreich und in Südbengland sehr weit verbreitet. Es erreicht selten eine Mächtigkeit von 1000'.

Bei Ablagerung der Kreide scheinen nach der Regelmäßigkeit und geringen Neigung der Flöze schon alle weit verbreiteten gewaltsamen Erdumwälzungen beendet gewesen zu sein.

Die Kreide enthält in ziemlich regelmäßigen Schichten Feuersteinknollen, welche in der Regel einen organischen Körper als Kern enthalten.

Das Kreidegebirge bedeckt das Becken von Paris und London. Es ist sehr reich an Versteinerungen und enthält außer vielen niedrigeren Thierklassen viele Fische, Krokodile und den ungeheuren Mosaurus, viele

Blätter, Zweige und Holzstücke, also eigentliche Landpflanzen, aber keine Spur von Vierfüßern.

Das Steinkohlengebirge, das Rothliegende, die Juraformation und das Kreidegebirge bilden zusammen die Abtheilung, welche man mit dem Namen Flög- oder secundäres Gebirge bezeichnet. Die über der Kreide liegenden Schichten heißen tertiäres Gebirge.

Flöggebirge  
oder secundä-  
res und  
tertiäres Ge-  
birge.

In der Umgegend von Paris hat man 5 Schichten über der Kreide unterschieden, wovon die unterste aus plastischem Thon, Braunkohlenlagern und Sandstein besteht. Sie ist eine Süßwasserbildung. Die zweite Schichte bildet den Grob- oder Cerithentalk, und hat sich im Meere gebildet. Die dritte Schichte ist wieder Süßwasserbildung und besteht aus kieseligem Kalkstein, Gyps, Knochenlagern und Süßwassermergeln. Die vierte Schichte ist eine Meerbildung aus Mergel, Meersand, Sandstein und Kalkstein. Die fünfte Schichte, eine Süßwasserbildung, besteht vorzugsweise aus den berühmten Mühsteinlagern zwischen Seine und Marne und aus Mergeln. Diese Gegend wurde also in der Bildungsperiode des Tertiärgebirges im Pariser Becken 3 Mal lange Zeit vom Meere überfluthet. Die Mächtigkeit dieser 5 Schichten beträgt gegen 500 Fuß.

Das Tertiärgebirge der übrigen Länder weicht von dem Pariser mannfaltig ab und ist noch zu wenig untersucht, um allgemein gültige Angaben darüber aufzustellen, oder kann vielleicht vermöge seiner Ungleichartigkeit gar nicht unter einen allgemeinen Gesichtspunkt gebracht werden.

Das Tertiärgebirge ist reich an Überresten, welche sich den jetzt lebenden sehr annähern. Nach den ältesten Schichten desselben gehörte noch sowohl der nördlichen, als südlichen Zone ein heißes Klima an, erst bei den neuesten Schichten scheint sich dies geändert zu haben.

In den an der Oberfläche der Erde abgelagerten Geschieben und im Schlamm, der sich in natürlichen Höhlen niedergeschlagen hat, finden sich große Massen fossiler Knochen von größtentheils jetzt untergegangenen Säugethierarten, meist von Bären und Hyänen, aber nur wenige von Vögeln und Reptilien.

Beber von Quadrumanen, noch von Menschen wurden Knochen in entschieden versteinertem Zustande gefunden.

### Bildung der Erdrinde (Geologie).

Die unterste der uns bekannten Schichten der Erdrinde bildet, wie oben angegeben wurde, das Urgebirge. Die Untersuchungen, welche zu diesem Zwecke angestellt worden sind, haben ergeben, daß sich dasselbe aus einer geschmolzenen Masse gebildet habe, welche sich ihrerseits wieder aus einem gasartigen Körper, wie die Kometen, verdichtet haben mag. Für den Grundtypus desselben, für den Granit möchte die Chemie kaum einen anderen Ursprung nachweisen können, als den aus einer geschmolzenen Masse. Mitscherlich hat sogar nicht ohne Erfolg versucht, den Granit im Hochofen-Feuer künstlich darzustellen. Kann auch gegen diese Annahme der Einwand geltend gemacht werden, daß die Zeit, die hohe Temperatur und

andere Einflüsse den geschichteten Gebirgsarten eine krystallinische Structur zu geben vermögen und selbst Thatsachen vorliegen, welche auf eine solche Umänderung hinweisen, so sind doch die von Hutton zuerst aufgestellten Gründe der Lagerungsverhältnisse als völlig entscheidend zu betrachten. Der Granit dringt nämlich an vielen Punkten der Erdoberfläche, wie in England, Sachsen, in der Schweiz in Spalten, Klüfte und Auszackungen anderer Gebirgsarten so ein, wie nur eine flüssige Masse leere Räume auszufüllen vermag. Auch wirkte der Granit auf die angrenzenden Gesteine auf eine Weise ein, die von einer hohen Temperatur zeugt.

Wenn nun die Grundlage der Erdoberfläche aus Urgebirgsarten besteht, und diese sich nur als aus dem geschmolzenen Zustande entstanden erklären lassen, so muß die Oberfläche der Erde ursprünglich auch die Temperatur des Schmelzpunktes für solche Steinmassen gehabt haben. Für die Annahme, daß hingegen im Inneren der Erde eine niedrigere Temperatur stattgefunden habe, sind keine Gründe vorhanden, es ist nicht wohl denkbar, daß die geschmolzene Erdrinde, ohnedies von der sehr niedrigen Temperatur des Weltraumes begrenzt, einen kalten Erdkern eingeschlossen habe. Entschieden aber widerspricht dieser Annahme die jetzt noch vorhandene hohe Temperatur im Inneren der Erde. Es muß sich also ursprünglich die ganze Erdmasse in geschmolzenem Zustande befunden haben.

Bei dem geschmolzenen Zustande konnte die Erde genau diejenige abgeplattete Kugelgestalt annehmen, die ihrer Größe und Umschwungs-Geschwindigkeit entspricht und die sie auch wirklich angenommen hat.

Bei einem geschmolzenen Zustande konnte die Temperatur der Erdmasse nicht unter 1600 bis 2000° C. (vgl. S. 153) betragen haben. Bei dieser Temperatur mußte alles Wasser als Dampf in der Atmosphäre gewesen sein. Die mittlere Meerestiefe zu 8000 Fuß und die Meeresfläche als drei Viertel der ganzen Erdoberfläche angenommen, mußte diese Wassermasse als Dampf einen Druck von 200 der heutigen Atmosphären ausüben. Ferner mußte unter den damaligen Umständen der Kohlenstoff aller dieser ausgebreiteten Kohlenlager, die man fast in allen Ländern der Erde findet, aller Kohlenstoff des jetzigen Thier- und Pflanzenreichs als Kohlensäure in der Atmosphäre enthalten sein. Nur der kohlensaure Kalk konnte, wie oben angegeben wurde, als solcher im geschmolzenen Zustande vorhanden sein.

Außerdem mußte die damalige Atmosphäre noch alle übrigen Stoffe in Dampfform enthalten, welche sich bei einer so hohen Temperatur verflüchtigen.

Die geschmolzene Erdmasse und ihre ungeheure Atmosphäre mußten, der partiellen Attraction von Sonne und Mond unterworfen, eine Ebbe und Fluth hervorbringen, wie jetzt das Weltmeer. Die Höhe der See-fluth hängt mit von der Meerestiefe ab, die Stärke der atmosphärischen Fluth von der Dichtigkeit der Atmosphäre. Die Bewegungen der flüssigen Erdmasse mußten demnach ungemein viel bedeutender sein, als es jetzt die Fluthen des Meeres sind, und die Fluthen der Atmosphäre, jetzt kaum mehr bemerkbar, mußten bei ihrer damaligen Dichtigkeit ziemlich stark hervortreten.

Doch mochten sie auch damals gegen die furchtbaren Winde verschwinden, welche durch den großen Unterschied der Temperatur der Erdoberfläche und des Weltraumes entstanden. Mit welcher Gewalt mußten diese Stürme die flüssige Erdmasse aufwühlen? Welche außerordentlichen elektrischen Erscheinungen mußten die damaligen Verhältnisse nicht herbeiführen?

In der kalten Umgebung des Weltraumes mußte die Erdmasse endlich an der Oberfläche abkühlen bis zur krystallinischen Erstarrung einer Rinde. So wie sich aber nur auf ruhigem Wasser eine glatte Eiskrinde bildet, während sich auf großen Flüssen die Eisschollen haushoch emporheben und in den Polarmeeren Eisberge bis zu 200' Höhe entstehen, so mußten die damaligen enormen Stürme die große Unebenheit der Erdoberfläche herbeiführen, die nur zum Theil durch jüngere Ablagerungen wieder ausgeglichen und zum Theil vom Meere ausgefüllt worden ist.

Erste Periode der Erdbildung.

Erstarrung der Oberfläche zu einer Rinde

Als die erstarrte Erdrinde zu einiger Dicke gelangt war, mußten die Erschütterungen der wogenden flüssigen Erdmasse in der Tiefe sowohl, als die Zusammenziehung der erstarrenden Rinde selbst vielfache Spalten und Risse erzeugen, in welche die geschmolzene Masse empordrang und darin erstarrte. So entstanden Granitgänge im Granit selbst, im Gneis, im Glimmer- und älteren Thonschiefer, im Hornblendegestein u. Es konnten bei diesem Zustande der Dinge keine organischen Körper entstehen, wie man denn auch wirklich im Urgebirge noch keine Spur von organischen Überresten aufgefunden hat.

In einer zweiten Periode, wo der Wasserdampf bei der allmählichen Abkühlung sich niederzuschlagen anfang, die Temperatur aber gleichwohl noch zu hoch war, um organische Wesen zuzulassen, mußten unermeßliche siedendheiße Regengüsse vom Himmel herabstürzen. Wenn nun unsere heutigen Regengüsse und Hochwasser Steinmassen ablösen und zertheilen, womit die Flüsse an ihren Mündungen ganze Länderstrecken bedecken, die See- und Meerbecken ausfüllen, und so die Grenzen des Festlandes meilenweit erweitern, was vermochten dann nicht die Gewässer der Urzeit zur Erdbildung beizutragen? Es entstanden die Flußrinnen, Seen und Meere, und in diesen die ersten schichtenförmig gelagerten Steinablagerungen. So mögen sich Thon-, Kiesel-, Glimmer-, Talk-, Chlorit-, Hornblendeschiefer und verwandte Feldarten gebildet haben. Durch das noch fortwährende Hervordringen geschmolzener Massen aus der Tiefe mußten damals häufig Seeboden und Festland ihre Rollen wechseln. Dabei konnten geschmolzene Massen häufig auf andere Gesteine, mit denen sie in Berührung kamen, verändernd einwirken und ihrem Gefüge eine krystallinische Structur geben, ohne sie wirklich zu schmelzen.

Zweite Periode der Erdbildung.

Abkühlung der Erdmasse bis zur Niederschlagung des Wassers.

Sehr schwierig zu erklären ist die Erscheinung, daß in den älteren Gebirgen so wenig Kalk vorkommt, während er in den neueren Gebirgen in immer größeren Massen auftritt. Nach de la Beche wäre er noch in späteren Zeiten aus dem Inneren der Erde emporgedrungen. Egen glaubt, daß die zuerst niedergeschlagenen kohlensäurereichen Gewässer die ursprünglich vorhandenen und entblähten Kalklager aufgelöst und, so lange der starke



atmosphärische Druck die Kohlensäure zurückhielt, in Auflösung erhalten haben, bis sie beim Aufhören des Druckes durch den Verlust der Kohlensäure den Kaltgehalt absetzten, wie denn überhaupt die Niederschläge aus dem Meer- und Süßwasser durch Verwitterung und Auslangung der älteren vulkanischen Gebirgsarten entstanden sind.

Dritte Periode der Erdbildung. Auftreten organischer Gebilde.

Der Anfang der dritten Periode der Erdbildung ist durch das Auftreten organischer Gebilde bezeichnet. Während ihrer Dauer bildete sich die Grauwackengruppe. Was aber zur Grauwackengruppe oder zum Übergangsgebirge zu rechnen sei, darüber sind die Geognosten noch nicht einig, weil sie in sehr unmerklichen Abstufungen in die jüngeren Gebirgsformationen übergeht, doch unterscheidet sich die dritte Periode von der vierten im Allgemeinen wesentlich genug, um sich damit nicht in eine zusammenfassen zu lassen.

Die Temperatur der Erde mußte sich wenigstens bis unter den Siedepunkt des Wassers erniedrigt haben, bevor Thiere und Pflanzen bestehen konnten. Denn so sehr konnten die damaligen Organismen von den jetzigen nicht verschieden sein, daß sie bei einer Temperatur lebten, welche jetzt alles organische Leben tödten würde, um so mehr, als man selbst aus jener Zeit Überreste von Geschlechtern gefunden hat, die jetzt noch fortbestehen. Die Temperatur der Erdoberfläche mochte beim ersten Auftreten von Organismen etwa noch 80 bis 90° C. betragen haben, wie denn auch sehr hohe Temperaturen von lebenden Organismen noch heutzutage ertragen werden. So sahen Sonnerat und Prevost in Ostindien den *Vitex Agnus castus* L. an einer Quelle von 76 und auf der Insel Luzon an einem Bache von 88° C. Wärme wachsen. In dem Bache lebten verschiedene Fische, und die Uferpflanzen senkten ihre Wurzeln ins Wasser. Forster fand den *Vitex* am Fuße eines Vulkans der Insel Lanna in einem Boden von 100° x.

Eine Erdwärme von 90° C. vorausgesetzt, konnte die Sonnenwärme damals nur einen sehr geringen Unterschied der Klimate bewirken, während dieselbe gegenwärtig, wo die der Erde eigenthümliche Wärme kaum den Aufstiegsunkt des Wassers erreicht, zwischen den Polar- und Äquinoctial-gegenden allerdings einen Temperaturunterschied von 36° C. hervorbringt, welcher vielleicht damals noch nicht 10° betrug. Es mußte daher damals über die ganze Erde dieselbe Thier- und Pflanzenwelt verbreitet gewesen sein, und zwar eine solche, die mit der jetzt zwischen den Wendekreisen lebenden die meiste Ähnlichkeit hatte.

Die Niederschlagung von Gewässern aus der Atmosphäre dauerte in dieser Periode fort, dabei mußten noch immer beträchtliche Erhebungen und Durchbrechungen stattgefunden haben, denn die Schichten aus dieser Zeit nehmen alle möglichen und sehr rasch abwechselnde Lagen gegen den Horizont ein und durchsetzen einander auf die mannfaltigste Weise.

Die damals lebenden Thiere und Pflanzen müssen aus den aufgefundenen Resten erschlossen werden. Es wäre aber irrig, wollte man die damalige Thier- und Pflanzenwelt nicht für viel mannfaltiger annehmen, als sie uns danach erscheint, da uns von vielen gallertartigen Thieren keine

Spur übrig bleiben konnte, und von den Pflanzen eigentlich nur mehr die Sumpf- und Wasserpflanzen, die dem Orte der Steinbildung nahe standen, uns Zeichen ihres Daseins hinterlassen konnten.

In die Periode der Grauwackenbildung fällt die erste Ablagerung von Kohlen. Der in der Atmosphäre vorhandene Kohlenstoff war darin als Kohlen säure vorhanden. Die Niederschlagung desselben konnte demnach nicht anders als durch die Vegetation entstehen. In der weichen Kohlenmasse sind durch den Druck der aufgelagerten Gebirgsmassen alle mit bloßem Auge bemerkbaren Spuren von Pflanzenformen vertilgt, aber in dem härteren Schieferthon, welcher mit den Kohlenflözen wechsellagert, sind uns die deutlichsten Abdrücke von den ältesten Geschlechtern der Pflanzenwelt erhalten, wogegen das bewaffnete Auge auch in der Kohlenmasse selbst die Spuren von Pflanzenorganismen erkennt.

Während der dritten Periode der Erdbildung mußte mit der fortschreitenden Abkühlung die Dicke der Erdrinde so weit zugenommen haben, daß schon zu Anfang der vierten Periode die unterirdischen Kräfte nicht mehr solche Zertrümmerungen zu bewirken vermochten, wie in den früheren Bildungsperioden. Nur im Kohlengebirge finden sich noch häufige Trennungen und Verschiebungen der Schichten, welche in den oberen Lagen sich immer mehr verlieren.

Vierte Periode der Erdbildung. Bildung des Flözgebirges

Die Ablagerung von Kohle hat von den Zeiten der Grauwackenbildung bis auf unsere Tage, freilich mit bedeutenden Modificationen, fortgebauert. In den ältesten Zeiten der Flözbildungen sind die bedeutendsten Kohlenmassen abgelagert worden. Die hohe Erdwärme und die feuchte kohlen säurereiche Atmosphäre mußten die Vegetation außerordentlich begünstigen. Wenn nun in unseren Tagen in den Urwäldern der Sunda-Inseln und der amerikanischen Äquinoctialgegenden sich eine vermoderte Pflanzenmasse erzeugt, die den Boden mehrere Klafter hoch bedeckt, so kann man jenen Zeiten eine viel mächtigere Ablagerung von Pflanzenmasse zumuthen, welche sich im Verlaufe von Jahrtausenden unter dem Drucke der darüber gelagerten Schichten und bei Abschluß des Sauerstoffs der Luft nicht in Kohlen säure auflösen konnte, sondern durch Ausscheidung von Wasserstoff und Sauerstoff sich in Mineralkohlen verwandelte.

Es scheint, daß die wechselnden Lagen von Pflanzen, Schieferthon und Sandstein während ihrer Bildung eine biegsame Masse geblieben sind, welche am Ende ihrer Bildungsperiode von unterirdischen Kräften stellenweise gehoben die Mulden und Sättel bildeten, welche man an ihnen wahrnimmt. Durch solche Erhebungen mußte denn auch fortwährend ein Wechsel zwischen Meeresboden und Festland herbeigeführt werden.

Die Dauer der vierten Periode, in welcher sich alle neueren Gebirgslagen bildeten, mochte sehr ausgedehnt, vielleicht länger, als die drei früheren zusammen gewesen sein.

Die Pflanzen der dritten und des Anfangs der vierten Periode gehören vorzugsweise den Geschlechtern der Palmen, baumartigen Schilfe, Farrenkräutern und anderen Sumpfgewächsen an. Es waren damals über

200 Arten von Farrenträutern vorhanden, während jetzt nur noch 30 Arten derselben da sind. Während die Atmosphäre einerseits durch die kolossale Vegetation ihren Kohlenstoff, andererseits durch Abkühlung ihren Wasserdampf verlor, wurde sie zum Einathmen und zur Erhaltung des Lebensprocesses der höheren Thierklassen geeignet. An die niederen Thiergeschlechter der Meere schlossen sich in der vierten Periode die höheren Geschlechter der Eier legenden Vierfüßer — die Schildkröten, Krokodile und Eidechsen — an. Von einigen wenigen lebendigen Vierfüßlern kommen in der vierten Periode nur seltene Spuren vor. Auch fehlten in dieser Periode alle mehrlästigen Pflanzen, welche der höheren Thierwelt allein ihr Bestehen sichern.

Bei der Dicke der Erdrinde wurden die Erhebungen immer seltener. Die Luft- und Bodentemperatur war jedoch immer noch mehr von der Erd- als von der Sonnenwärme abhängig, die Klimate traten noch nicht merklich hervor. So wie durch das Zurücktreten der Wärme die Kräfte der leblosen Natur immer mehr ins Gleichgewicht kamen, entwickelten sich die Lebenskräfte der organischen Welt in einer größeren Mannichfaltigkeit und bis zu einer höheren Stufe.

Fünfte Periode der Erdbildung. Entstehung des Meeres.

In der fünften Periode der Erdbildung bildeten sich keine bedeutenderen festen Gebirgslagen mehr, doch veranlassten noch allmähliche Hebungen und Senkungen im Anfange der Periode häufige Wechsel zwischen Land und Meer. Die großen Flußthäler hatten sich in ihrer Hauptgestaltung schon in früheren Perioden gebildet, aber die Thälwege der Gewässer waren noch an vielen Stellen durch Gebirgsgänge abgeschnitten, welche die Wässer zu ungeheuren Landseen aufstaueten, aus denen sie ihren Ausweg in großen Abstürzen nehmen mußten. Die mehrere hundert Fuß hoch über dem Wasserspiegel an unseren Flüssen aufgeschauften Gerölle zeugen von diesen Aufdämmungen.

Die unermessliche Kraft der Wasserfälle zehrte fortwährend an dem festen Gestein, welches seinem Laufe im Wege stand. Die Wasserfälle rückten immer mehr aufwärts, bis endlich der Seeludamm durchbrochen war und nun die Seen abließen. Von solchen Durchbrechungen der Gebirge liefern die großen Flußthäler die unzweideutigsten Spuren. In den Hochgebirgen haben die Flüsse ihren stärksten Fall, welcher sich gegen das Meer hin vermindert und in demselben ganz verschwindet. In den abschüssigen Thälern reißten die Gewässer in ihrem schnellen Laufe Gerölle und verwittertes Gestein mit sich fort. Die feineren Theile erhält das Wasser bis zum Meere schwimmend und setzt sie erst gegen die Flußmündung hin ab. Den Sand entführt das Hochwasser und die größeren Geschiebe werden von den Fluthen alljährlich wenigstens eine Strecke abwärts gerückt. So lange ein Fluß noch viele Seen zu durchströmen hat, setzt das Wasser schon dort in der Ruhe seine erdigen Theile und Geschiebe ab und füllt daher nur sehr langsam die abwärts liegenden Thäler aus. Rascher erfolgt dies bei entfesseltem Laufe der Flüsse. So bilden daher die größeren Flüsse die fruchtbaren Thalebene und Delta.

Man hat versucht, aus dem Fortschreiten der Alluvionen und der vorhandenen Massen derselben die Dauer ihrer Bildung zu berechnen. Nach Girard's Untersuchungen erhöhte sich das Nilbett in Unterägypten in 1600 Jahren um etwa 2 Meter, die Tiefe der Alluvion gibt er zu 11 Meter an, zu deren Bildung also ein Zeitraum von 9000 Jahren erforderlich gewesen wäre. Da aber große Flüsse häufig ihr Bett wechseln und der Nil Anfangs sich in oberhalb gelegenen Seen schon bedeutend ablagerte; also unten weniger absetzen konnte, so möchte der angegebene Zeitraum mehr als zu verdoppeln sein.

Auf ähnliche Weise berechnete Lyell die Zeit, welche der Niagarafluß zur Aushöhlung seines Felsenbettes bei Queenstown bedurft hatte, nach dem Aufwärtstücken des Flusses in den letzten 40 Jahren auf 10,000 Jahre. Egen berechnet den zur Bildung der Ablagerung an der Rothenfelder Soolquelle in Westphalen nöthigen Zeitraum auf 20,000 Jahre.

Die höheren Thiergattungen der Vorwelt, namentlich die Vögel und die lebendig gebärenden Vierfüßer gehören mit wenigen Ausnahmen alle der fünften Periode an. Man findet ihre Skelette meist nur im aufgeschwemmten Lande, im Torfboden, in den Flußbetten, in den Thonlagern von Gebirgshöhlen und in dem Eise der Polarländer. Auch der Umstand, daß die jetzigen Thiere der heißen Zone im nördlichen Europa, Asien und Amerika gefunden werden, welche demnach damals ein sehr warmes Klima gehabt haben mußten, deutet wieder auf eine Vorzeit von vielen tausend Jahren zurück; denn eine plötzliche Veränderung in der Erdwärme ist nicht denkbar und eine Austauschung der Klimate, etwa durch eine veränderte Lage der Erdaxe streitet gegen die Thatsache, daß die Überreste von Thieren der heißen Zone sich über die ganze Erde im aufgeschwemmten Boden finden. Eine Veränderung der Erdaxe hätte ferner nur durch äußeren Anstoß, wovon wir nichts weiter kennen, bewirkt werden können. Es widerspricht ihr ferner die vorhandene Abplattung der Erde und die Übereinstimmung der geometrischen mit der Rotationsaxe. Die Annahme einer früheren größeren Schiefe der Ekliptik erklärt das heiße Klima in den Polargegenden gar nicht. Vielmehr scheint der allmälige Eintritt der Polarfalte und der damit verknüpfte Futtermangel die Geschlechter der Thiere vermindert und endlich ganz vertilgt zu haben. Auch durch den häufigen Wechsel zwischen Festland und Meer mußten viele Thiergeschlechter untergehen. Es ist wahrscheinlich, daß mehrere ausgestorbene Thiergeschlechter noch im Anfange der folgenden Periode vorhanden waren.

Die sechste Periode beginnt mit dem Auftreten der noch jetzt vorhandenen organischen Schöpfung und des Menschengeschlechts. Allerdings gehören aber viele Thiere der unteren Klassen, vielleicht auch viele Pflanzen schon früheren Perioden mit an.

Schöpfung, oder gegenwärtige Periode der Erdbildung.

In dieser Periode, welche Manche als die Periode der Stabilität betrachten, schreitet die Erdbildung fort, wenn auch nur so langsam, daß ein Zeitraum von ein paar tausend Jahren noch kaum von den Menschen mit Bestimmtheit übersehen werden kann. Die Flüsse entführen fortwährend

den Gebirgsgegenden Schlamm und Gerölle und lagern sie in den Ebenen ab. Ihre Betten erhöhen sich, so daß sie, wenn nicht die Menschen ihren Lauf eindämmen, von Zeit zu Zeit ihren Lauf ändern. Die Flußdelta schieben sich weiter ins Meer hinein, wenn nicht Meeresströmungen die Ablagerung wieder entführen. Seen füllen sich allmählig aus und die Wasserfälle rücken durch Auspülung des Gesteins immer mehr aufwärts. Am Festlande verwittern die zu Tage liegenden Gesteine, Flechten und Moose setzen sich an und befördern die Zerstörung, der Regen wäscht die losen Theilchen ab. So gewinnt der fruchtbare Ackerboden an Ausdehnung und ruft das organische Leben hervor.

Das Meer ändert fortwährend die Form des Festlandes, je nach der Richtung der Fluthen und herrschenden Winde verliert, oder erweitert sich eine Küste. So dringt das Meer an vielen Stellen der englischen und holländischen Küste alljährlich tiefer ins Land, an anderen Orten schwemmt es Land an.

Auch die unterirdischen Bewegungen, oder wie wir sie nennen, die vulkanische Thätigkeit, wirken fort. Sie werfen ungeheure Massen aus von festem Gestein, von Gerölle, von Asche und flüssiger Lava, sie heben ganze Gegenden von mehreren Quadratmeilen Fläche und hohe Berge empor, wie den Jorullo in Mexico, den Monte nuovo bei Neapel, und im Meere entstehen vulkanische Inseln.

Die vulkanischen Erscheinungen sind über alle Theile der Erde verbreitet und, die erloschenen Vulkane mit gerechnet, in fast jedem Landstriche anzutreffen. Wenn sich die flüssige Erdmasse in Bewegung setzt, so wird sie durch die Spalten, welche die vulkanischen Linien bilden, hervorgebracht. Bei ihrem Durchgange durch die oberen Schichten gelangt sie zu feuchten Lagern, oft auch zu kohlen- und schwefelhaltigen Mineralien, deren Zersetzung und der Ausfluß der Lava die bekannten Erscheinungen eines vulkanischen Ausbruches herbeiführt. Durch Verstopfung der vulkanischen Schlünde entstehen Erhebungen und Erschütterungen des Bodens. Die Quellen von warmem Wasser und Gas reihen sich den vulkanischen Erscheinungen an und finden in ihnen ihre Erklärung.

Eine andere Ansicht läßt große Massen unorganyirter Stoffe im Innern der Erde vorhanden sein, deren fortschreitende Drydation die Feuererscheinung bedinge. Allein die ungeheure hierzu nöthige Menge Sauerstoff könnte nur aus der Luft herkommen und müßte daher starke Luftströmungen nach dem Innern der Erde hervorrufen, wovon man indeß noch nirgends eine Spur entdeckt hat.

Wenn die bewegte flüssige Erdmasse gegen die nur wenige Meilen dicke Erdrinde anschlägt, so liegt in den entstehenden Erderschütterungen gar nichts Wunderbares. Wollte man sich die Erdkugel als eine feste Masse denken, so läßt sich gar keine Kraft ausfindig machen, welche nach den Gesetzen der Dynamik Erdbeben hervorbringen könnte, und da schwerlich irgend eine Gegend im Laufe der Zeit ganz von Erderschütterungen frei

geblieben ist, so müßten, wenn man Höhlungen annehmen wollte, diese sich unter alle Erdtheile hin erstrecken, und diese müßten aber dennoch, damit ihre Wölbungen getragen werden könnten, mit einer Flüssigkeit von gleichem specifischen Gewichte mit den benachbarten Erdmassen gefüllt sein und dies könnte also auch wohl nur geschmolzenes Gestein sein.

Auch die Hebungen des Bodens hören in dieser Periode noch nicht ganz auf, obgleich erst in neuerer Zeit denselben einige Aufmerksamkeit ist zugewendet worden, wie sie sich denn auch eigentlich nur in der Nähe des Meeres mit Sicherheit nachweisen lassen, weil sich sonst kein Maßstab der Vergleichung darbietet. Die Küstenbewohner Schwedens wußten längst, daß das Meer zurückträte, und Celsius machte schon vor mehr als hundert Jahren auf diese Erscheinung aufmerksam, bis man erst später fand, daß nicht das Meer zurückgewichen sei, sondern die Küste sich gehoben habe, und zwar in 100 Jahren gegen 3 Fuß. Dies ergab sich theils aus der Unveränderlichkeit des Wasserstandes an den preussischen Küsten und mehreren Inseln, theils aus der Ungleichheit des Hervortretens der Felsen aus dem Wasser. Andererseits zeigten die neuesten Untersuchungen ein Sinken der Küste von Schonen. Ähnliche Erscheinungen ergaben sich an der dänischen und an der Küste des adriatischen Meeres u. Solche Erhebungen sind mit nicht unbedeutenden Temperaturerhöhungen des Bodens verbunden. Das nördliche Schweden und Norwegen gestattet daher noch die Cultur von Gewächsen, welche man nach dem hohen Breitengrade dort nicht mehr erwarten sollte.

Wenn die Erde fortwährend an eigenthümlicher Wärme verliert, so muß endlich ein Zustand des Gleichgewichts eintreten, dem die Erde allerdings jetzt sehr nahe steht, wo die Erde ebenso viel Wärme von der Sonne empfängt, als sie ausstrahlt. Durch die noch thätigen Vulkane, durch die heißen und auch durch die kalten Quellen, durch das Schmelzen der Gletscher und Schneemassen der hohen Gebirge erwächst der Erde noch fortwährend ein Verlust an Wärme. Außer dieser Abkühlung müssen auch noch beträchtliche Veränderungen in der Vertheilung der Wärme im Innern der Erde stattfinden, wie dies die Veränderungen des magnetischen Zustandes der Erde andeuten.

Jouriet hat berechnet, daß sich die Erde in 1000 Jahren noch nicht um  $\frac{1}{400}^{\circ}$  C. abkühle, nach Laplace um  $\frac{1}{640}$ . Es könnte auch sein, daß die Erdrinde in verschiedenen Polhöhen ungleich erkaltet. Die heiße und gemäßigte Zone scheinen seit 2000 Jahren nicht merklich an Wärme verloren zu haben. Die Vegetationsgrenzen der Cerealien, des Weins und der Datteln scheinen seit der historischen Zeit keine wesentliche Veränderung erlitten zu haben. Sind also wirklich merkliche Veränderungen der Bodentemperatur in unseren Zeiten eingetreten, so müssen diese ausschließlich den höheren Breitengraden angehören.

So wie also Alles in der Welt im Werden begriffen ist, so macht auch unsere Erde von diesem Naturgesetze keine Ausnahme.

Bildung der  
Erdrinde aus  
dem festen  
Gestein, oder

Nach Aufstellung dieser übersichtlichen Darstellung der Entstehung der festen Erdrinde wenden wir uns zur speciellen Betrachtung der Bildung der Erdrinde aus dem festen Gesteine.

Verwitterung  
der  
Gebirgsarten

Die feste felsige Unterlage des Bodens wird mittelst Aufhebung ihres Zusammenhanges durch die Einflüsse der Schwerkraft, der atmosphärischen Luft und des Wassers in jenen lockeren pulverigen Zustand versetzt, in welchem wir den Boden mit „Erdrinde“ bezeichnen. Die Gesamtwirkung dieser Einflüsse auf die verschiedenen Gebirgsarten heißt ihre **Verwitterung**.

Die Schwerkraft veranlaßt Einsenkungen und Spaltungen der Felsen, die ihres Theils wieder fernere Zertrümmerungen herbeiführen durch Bergstürze und Herabfallen einzelner Massen.

Die atmosphärische Luft wirkt mechanisch und chemisch auf die Gebirgsarten ein.

Mechanisch wirkt sie bei Stürmen durch Zertrümmerung fester Massen und Umstürzen derselben, so wie durch Entführung des Sandes und anderer pulverförmiger Bodentheile, wie Straßenstaub, Rußtheile von Brennmaterialien, die aus dem Seewasser emporgerissenen Salztheile, Blütenstaub der Kiefer (sogenannter Schwefelregen) und anderer Bäume.

Der Sauerstoff der Luft wirkt vorzugsweise auf den Gehalt der Gesteine an Metallen, er verwandelt namentlich das in vielen Felsarten, wie Basalt, Thonschiefer enthaltene Eisenorydul in Eisenoryd, wodurch der Zusammenhang des Gesteins aufgehoben wird, wie denn auch krySTALLisirte Eisenorydulsalze durch Drydation zu Pulver zerfallen.

Die Kohlensäure der Luft entführt den Gebirgsarten ihren Gehalt an kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia durch Auflösung derselben als doppeltkohlensaurer Verbindungen. Selbst Silicate vermag — was bei kürzerer Einwirkung selbst die stärksten Säuren nicht thun — bei längerer Einwirkung die Kohlensäure auf nassem Wege zu zerlegen<sup>1)</sup>. Heißes Wasser zeigt diese auflösende Wirkung auch ohne Kohlensäure. Lavoisier beobachtete, daß ein Theil des Glases und Porzellans vom Wasser, welches man darin kocht, aufgelöst wird, indem das Gefäß gerade so viel an Gewicht abnimmt, als das verdampfte Wasser an Rückstand hinterläßt. Man sieht diese Auflösung des Glases beim Erblinden der Fensterscheiben, namentlich unter Mitwirkung von Kohlensäure, wie an Mistbeeten, Ställen, Leichensälen u. Die Alkalien, der Kalk und die Magnesia werden entweder allein, oder die ersteren in Verbindung mit Kiesel-erde aufgelöst, während Thonerde gemengt, oder verbunden mit Kiesel-erde zurückbleibt. Obelmen stellte vergleichende Versuche über die Veränderungen an, welche Silicate durch Verwitterung erleiden, und erhielt folgende Resultate:

1) Polstorff und Wiegmann kochten weißen Sand mit Königswasser aus, welches nichts daraus auflöste, und setzten ihn nach sorgfältigem Auswaschen mit Wasser der Einwirkung von mit Kohlensäure gesättigtem Wasser 30 Tage lang aus, wonach das Wasser kiesel- und kohlensaures Kali, Kalk und Kalkerde gelöst enthielt.

## Rhodonit von Algier.

a) Unveränderter Theil.		b) Veränderter Theil.	
Kieselsäure . . . . .	45,49	Wasser . . . . .	10,14
Manganorydul . . . . .	39,46	Sauerstoff . . . . .	8,94
Eisenorydul . . . . .	6,42	Manganorydul . . . . .	43,98
Kalk . . . . .	4,68	Eisenoryd . . . . .	6,60
Magnesia . . . . .	2,60	Kalk . . . . .	1,32
	<u>98,63</u>	Kieselsäure . . . . .	2,40
		Unveränderter Theil . . . . .	<u>27,20</u>
			99,60

Die Verwitterung hat demnach die Menge der Kieselsäure, des Kalks und der Magnesia abgeändert, während sie Eisen- und Manganorydul in Drydhydrate verwandelte.

## Rhodonit von Saint-Marcel.

a) Unveränderter Theil.		b) Veränderter Theil.	
Kieselsäure . . . . .	46,37	Manganorydul . . . . .	44,71
Manganorydul . . . . .	47,38	Sauerstoff . . . . .	4,44
Kalk . . . . .	5,48	Kalk . . . . .	0,90
	<u>99,23</u>	Wasser . . . . .	1,10
		Kieselsäurehydrat . . . . .	8,00
		Unveränderter Theil . . . . .	<u>41,47</u>
			100,62

Die Kieselsäure des veränderten Theiles rührt zum Theil davon her, daß der noch dabei vorhandene unveränderte Theil von Salzsäure etwas angegriffen wird. Kieselsäure und Kalk verschwinden bei der Verwitterung dieses Minerals fast gänzlich und das Manganorydul verwandelt sich in wasserfreies Manganoryd.

## Bustamit von Mexico.

a) Unveränderter Theil.		b) Veränderter Theil.	
Kieselsäure . . . . .	44,45	Manganorydul . . . . .	55,19
Manganorydul . . . . .	26,96	Sauerstoff . . . . .	10,98
Eisenorydul . . . . .	1,15	Wasser . . . . .	10,68
Kalk . . . . .	14,43	Eisenoryd . . . . .	1,56
Magnesia . . . . .	0,64	Kohlensaurer Kalk . . . . .	14,03
Kohlensaurer Kalk . . . . .	12,27	Kieselsäure und Quarz . . . . .	8,53
	<u>99,90</u>		<u>100,97</u>

Die übrigen Analysen von Ebelmen vgl. S. 528.

Diese fortschreitende Zersetzung der Gesteine hört jedoch selbst bei ihrem vollständigen Zerfallen noch nicht auf. Nach Stöckhardt wurden von 1000 Loth frischem Lehm aus der Grube durch reines Wasser und verdünnte Salzsäure nur 2 1/2 Loth aufgelöst. Derselbe Lehm, etwa 50 Jahre lang in einer Lehmwand der Luft ausgesetzt, gab an beide Lösungsmittel 15 1/2 Loth, und 100 Jahre alter 34 1/4 Loth Lösbares ab<sup>1)</sup>.

1) Vgl. Landwirthschaftl. Zeitschrift f. d. Königreich Sachsen. II. Jahrg. I. Heft. 33 \*



Das Wasser wirkt mechanisch vorzugsweise durch seine Ausdehnung beim Gefrieren. Es durchdringt, namentlich auf den von Bodentrümmern entblößten Bergspitzen, die Felsmassen und zerklüftet sie beim Gefrieren in kleine Fragmente, welche die Bewegungen der Gletscher oder ihre gegenseitige durch die Bewegung des Wassers herbeigeführte Reibung abrunden, oder zu Staub zermahlen, während Gebirgswässer diesen Staub den Thälern und Ebenen als fruchtbare Erde zuführen, oder er, wo er hängen bleibt, Flechten und Moosen schon einen genügenden Boden abgibt, durch deren Verwesung und völlige Zerklüftung des Gesteins durch ihre Wurzeln ein für höhere Pflanzen tauglicher Boden entsteht, so daß endlich Gesträuche und Bäume Haltung und Nahrung finden. Das Wasser bewegt ferner durch seine Ausdehnung beim Gefrieren Steine und oft die größten Felsen von der Stelle. Oft werden ins Eis eingefrorne bedeutende Steinmassen vom Wasser große Strecken weit fortgetragen.

Chemisch wirkt das Wasser, wie schon angegeben, durch Ausziehen löslicher Theile, wodurch auch der Zusammenhang der unlöslichen aufgehoben wird, durch Bildung von Hydraten und Unterstüßung der Drydation und gegenseitigen chemischen Einwirkung der Gemengtheile.<sup>1)</sup>

Daß diese von der Natur ausgeführten chemischen Zersetzungen lange der Beobachtung entgingen, rührt von der Langsamkeit her, mit welcher dieselben von Statten gehen, wie sich aus einer von Becquerel angestellten Berechnung über die Verwitterung des Granits ergibt.<sup>2)</sup>

Die Kathedrale der Stadt Limoges ist 400 Jahre alt und aus Granit gebaut, der in der Nähe ansteht. Im Inneren ist am Stein kaum eine Spur von Verwitterung zu bemerken, aber außen an der Wetterseite ist sie mehr oder weniger bedeutend und beträgt im Mittel etwa 8 Millimeter (über  $3\frac{1}{2}$  Linien). Im Steinbruch dagegen zeigt sich die Granitmasse 1 Meter 62 Millimeter (etwa 3 Fuß 3 Zoll tief) ausgewittert. Angenommen, der Gang der Zersetzung der Granitmasse sei der Zeit proportional, so hätte sie vor mehr als 50,000 Jahren ihren Anfang genommen. Allem nach aber ist die Granitwand Anfangs ungleich rascher verwittert, als später, wo die oberen überhängenden Theile die unteren schützten. Wäre demnach die Zersetzung in abnehmender Progression erfolgt, so käme noch eine höhere Zahl heraus.

Der in einer Reihe von Jahrhunderten gebildete Verwitterungsboden bleibt entweder auf der Stelle, wo er sich bildete, liegen und heißt dann Gebirgsboden oder primärer Boden, oder er wird durch seine eigene Schwere, durch Winde oder Regengüsse abwärts geführt, Thalboden, oder von Gebirgswässern auch dem Thale wieder entführt und oft erst in weiter Ferne von seinem Entstehungsort abgesetzt und heißt dann Flußboden oder secundärer Boden.

Eintheilung  
des Bodens  
nach dem Orte  
seiner Entste-  
hung oder  
Ablagerung.

1) Vgl. auch die Abhandlung von Chelmen über die Zersetzungsprodukte der mineralischen Gruppen der Silicate in Erdmann's Journ. f. prakt. Chemie. 37. 1846. S. 257—267.

2) Aus einem Vortrage Dessenelben im französischen Institut im Jahre 1837.

Der **Gebirgsboden** ist gewöhnlich flachgründig, mit Steinbrocken <sup>Gebirgs-</sup>  
gemengt und stimmt in seiner Zusammensetzung mit seiner Unterlage über- <sup>boden.</sup>  
ein, diejenigen Bestandtheile ausgenommen, welche ihm durchs Wasser ent-  
zogen worden sind.

Der **Thalboden** hat eine ebene, wellenförmige oder sanft geneigte Ober- <sup>Thalboden.</sup>  
fläche, er ist meist reich an Humus, doch wegen Mangel an Abfluß naß, um  
so weniger jedoch, je größer seine Ausdehnung ist, und er gehört dann zu den  
fruchtbarsten Bodenarten. Der Thalboden wird in der Regel um so frucht-  
barer, je weiter er sich von den Gebirgen entfernt. Da die von denselben  
kommenden Gewässer die größeren Theile, wie Steine und Kies ihrem Fuße  
zunächst ablagern, während sie die feinsten Theile am weitesten fortführen.

Der **Fluszniederungs-** oder **Flußboden** hat meist eine geringe Aus- <sup>Flußboden.</sup>  
dehnung nach der Breite, aber eine desto größere nach der Länge, er ist  
gewöhnlich der Überschwemmung ausgesetzt, reich an Humus und kann oft  
durch Schutz gegen Überschwemmung von einer geringen Ertragsfähigkeit zur  
größten Fruchtbarkeit gesteigert werden. Der Flußboden nimmt aus derselben  
Ursache wie der Thalboden mit seiner Entfernung vom Gebirge an Frucht-  
barkeit zu. Die Fruchtbarkeit desselben muß endlich auch von der Zusammen-  
setzung der Gebirge abhängen, aus welchen ihn die Gewässer herbeiführen<sup>1)</sup>.

Der **Sumpfboden** von stehenden oder sich langsam bewegenden Ge- <sup>Sumpfboden.</sup>  
wässern aufgenommen und von den daraus abgesetzten Massen hat größere  
Breiten-, oder geringere Längendimensionen, als der Fluszniederungsboden,  
und wie die ruhige Wasserfläche selbst, aus welcher er entstanden ist,  
eine sehr ebene Oberfläche. Nur die darin vorhanden gewesenen Inseln,  
oder die Hochmoore, welche durch rasche Torfbildung aufsteigen, unterbre-  
chen diese stellenweise mit geringen Erhebungen. Er liegt längs der Ufer  
von Flüssen, welche in der Ebene entspringen, wenig Gefäll und darum  
flache Ufer haben, oft in großer Ausdehnung, besonders gegen die Mün-  
dung der Flüsse hin, wo der Abfluß des Flußwassers häufig durch den  
hohen Stand des Seewassers verhindert wurde. Er entsteht durch die  
Niederschläge von abgestorbenen Wasserpflanzen und Sumpfgewächsen in  
ruhigem Wasser, wodurch sich natürlich eine ganz gleichmäßige horizontale  
Fläche bildet. In jedem stehenden seichten Wasser erzeugen sich Wasser-  
pflanzen, welche theils im Wasser schwimmen, theils im Boden wurzeln.  
Diese Gewächse, fast ganz von Wasser bedeckt, bilden bei ihrer unter be-  
schränktem Luftzutritt erfolgenden Zersetzung den Torf. Das Wasser über-  
zieht sich mit einer schwimmenden Pflanzendecke von ineinander verfilzten  
Wurzeln, woraus die sogenannten Fenne entstehen. Diese läßt von Zeit zu Zeit  
Theile niederfallen und füllt dadurch das Wasser aus. Sie wird durch die  
von der Vegetation fortwährend abgelagerten Pflanzentheile zuletzt stark ge-  
nug, um flach wurzelnde Hölzer, Weiden, Birken, Kiefern, Fichten zu

1) Vgl. Rust über die Ursache der Fruchtbarkeit des Alluvial- oder ange-  
schwemmten Bodens, in Beyer's Archiv der deutschen Landwirthschaft. Jahrg. 55.  
1848. S. 260 276.

tragen. Wenn dieselben Anfangs auch nur dürftig vegetiren, so füllt doch der von ihnen gelieferte Humus bald das Wasser so weit aus, daß Gewächse den festen Grund erreichen. Gräser, welche ihre Wurzeln bis in den Bodenschlamm senken, besonders *Carex striata* siedeln sich an und bilden zuletzt einen ziemlich ausgedehnten Grasfleck (Bülte, Raupe), welcher sich jährlich durch neue Seitenausschläge erweitert und durch die in der Mitte absterbenden Grastheile ein Keimbett für edlere Pflanzen bildet.

Er enthält gewöhnlich Säuren und unvollkommenen Humus, gar keine Steine an der Oberfläche, dagegen oft Überreste von Süßwassermuscheln. Seine Fruchtbarkeit ist verschieden. Besteht der Untergrund aus Lehm, so gibt dieser durch Mengung mit dem Humus bei der Bearbeitung einen besseren Boden, als wenn ersterer aus Sand besteht. Ist der Boden aus Pflanzen entstanden, welche einen unvollkommenen Humus bilden, wie *Ledum palustre*, *Erica tetralix*, so ist er der Vegetation weniger günstig, als wenn ihn *Equisetum*, Grasarten und andere Wasserpflanzen erzeugten, deren Faser sich schneller zersetzt.

Der Sumpfboden kann einen sehr verschiedenen Grad von Rässe be-  
sitzen, und auch in dieser Beziehung ein sehr abweichendes Verhalten zur Holzvegetation zeigen. Man theilt ihn danach ein in

- 1) Lehmsumpfboden oder Marschboden,
- 2) Reiner Moorboden,
- 3) Moorboden mit Raseneisenstein,
- 4) Eigentlicher Torfboden, und zwar
  - a) Moostorfboden,
  - b) Sumpftorfboden mit Torfgrund von erdiger Beschaffenheit,
- 5) Seerücher oder Seesumpfboden,
- 6) Fenne.

Lehmsumpf-  
oder Marsch-  
boden.

1) Der Lehmsumpfboden, Marschboden oder Lehmbruch ist am häufigsten an den Ufern schlammführender Flüsse. Der thonige Niederschlag verbindet sich mit den Überresten der Sumpfvegetation und erhöht den Boden allmählig so, daß er auch für andere Pflanzen, als Sumpfgewächse zugänglich wird. Er neutralisirt oft durch beträchtlichen Kalkgehalt die Säuren, und wird dadurch reich an mildem Humus. Diesem Lehmbruche steht schon derjenige an Fruchtbarkeit nach, welcher sich in Einsenkungen des Lehmbodens durch Wasseransammlung bildet und eine Versumpfung erzeugt, weil sich unter Wasser kein milder Humus bildet, und keine neutralisirenden Stoffe herbeigeführt werden, sondern Moor und Torf mit Säure. Er wird jedoch durch Entwässerung und Bearbeitung für Holzzucht und Landbau geeignet, was nicht immer bei den übrigen Arten des Sumpfbodens der Fall ist.

Ägypten verdankt bekanntlich seine Fruchtbarkeit dem Schlamme, welcher sich beim Austritte des Nils mit der oberen Schichte des sandigen Bodens vermengt. Nach Laffaigne's Untersuchung besteht derselbe aus einem fetten, feinkörnigen, eisenhaltigen Thon, dessen Fruchtbarkeit auf einer günstigen Mischung aus Sand, Thon, Kalk und Humus zu beruhen scheint.

2) Der **Moorboden** entsteht, wenn Flüsse, welche keinen Schlamm **Moorboden**. führen, sandige Ufer überschwemmen, in Einsenkungen mit nicht durchlassendem Untergrund, wo der Abfluß fehlt, oder Quellen aus dem Untergrund herausdringen. Auf solchem Boden wachsen Niedgräser, Rohr und Schilf, Weiden, Erlen, verkümmerte Birken und Ebereschen, deren abgestorbene Überreste die Moorerde erzeugen, welche dem **Moorbruche** seinen Namen gibt und seinen Hauptbestandtheil ausmacht. Sie bildet weder im nassen Zustande eine taugliche Pflanzennahrung wegen unvollständiger Zersetzung, noch im trockenen, weil sie in diesem Falle zu sehr austrocknet und die sogenannte Stauberde bildet. In diese bringen niedergefallene Wassertropfen wegen der großen Menge absorbirter Luft nicht leicht ein, sondern bleiben darauf liegen, ohne sie zu nessen, bis sie verdunsten, oder fließen ab. Solcher Boden muß daher immer nur zum Theil entwässert werden. Auch dem tiefen Auffrieren ist der Moorboden unterworfen.

Der Moorboden ist übrigens auch verschieden in seiner Beschaffenheit. Ein Untergrund von reinem Quarzsand macht ihn dem Holzwuchse stets sehr ungünstig; er erzeugt dabei nur schlechtwüchsige Erlen, *Salix aquatica*, Ebereschen und Birken, trocken gelegt nur frühzeitig absterbende Birken und sehr schwierig mittelmäßige Kiefern. Besser ist ein Untergrund von Lehm, besonders wenn er sehr kalkhaltig ist, wo er dann Eschen und Ulmen zuläßt. Am allernachtheiligsten ist ein Untergrund von Torf, wo dann den Pflanzen auch selbst die unentbehrliche Kieselederde fehlt. Ist dabei der Boden, wie gewöhnlich, sehr naß, so fehlt den Holzpflanzen der nöthige Halt, die tiefgehenden Wurzeln sind von allem Luftzutritte ausgeschlossen und das Wasser entführt ihm alle löslichen humusfauren Salze.

3) Auch ein Gehalt von Eisen- und Manganoxydul macht den Moorboden unfruchtbar; die Pflanzen leiden am Wurzelrost, dem die Schwarzpappel noch am besten widersteht.

Immer aber gehört der eigentliche Moorboden zu den armen Bodenklassen.

4) Der **Torfboden** kann ebenfalls von sehr verschiedener Beschaffenheit **Torfboden**. sein, und bald einen besseren, bald einen schlechteren Holzboden abgeben.

a) Einen sehr schlechten liefern fast immer die Torfbrücher im Gebirge. Sie entstehen gewöhnlich aus Torfmoosen, da sich diese in der feuchten Atmosphäre höherer Berge am leichtesten erzeugen. Sie bedecken sich bald mit hohen Schichten Moostorf, worin die Pflanzenfaser noch nicht zerstört ist, welches sich wie ein Schwamm mit Wasser ansaugt und den Pflanzen keine Nahrung bieten kann. Bildet sich auch in den tieferen Schichten allmählig Torferde, so liegt diese meist in solcher Mächtigkeit über dem Gesteine, daß sie aller mineralischen Bestandtheile entbehrt und daher keinen löslichen Humus enthält.

Der Boden erzeugt nur kümmerlich wachsende Kiefern, Fichten oder Birken nebst nutzlosen Sträuchern und Erdböhmern. Eine Entwässerung verbessert den Boden allmählig durch Einleitung eines regelmäßigen Fäulnißprozesses der Moose. Die Erzeugung der Wassermoose, welche die Feuch-

tigkeit stark aus der Atmosphäre aufsaugen und festhalten, muß durch Bedeckung des Bodens mit Holz beseitigt werden. Dies ist natürlich nur für jene Fälle zulässig, wenn solche Moosbrücher keine Wasserbehälter für Quellen bilden, welche zum Betriebe von Bergwerken, Fabriken und Mühlen unentbehrlich sind.

Wenn die Biesenmoore dadurch über Sümpfen von stehenden Bässen entstehen, daß sich aus diesen erst ein Fenn mit einer Moosbede erzeugt und der Grund sich immer mehr mit den abgestorbenen Pflanzentheilen füllt, so gleicht ihr Holzwuchs ebenfalls dem der Gebirge.

b) Bestehen dagegen die Torfgewächse mehr aus Equiseten, *Juncus*, *Carex*, *Scirpus* u., so lösen sich diese gewöhnlich mehr in wirkliche Torferde auf, worin sich die Pflanzen noch eher erhalten können, als in unzerstörter Pflanzensafer. Zugleich ist auch gewöhnlich ihre Oberfläche trockener, als die der Moosbrücher, enthalten auch deshalb, und weil sie immer etwas mineralische Bestandtheile, namentlich Kiesel enthalten, mehr vollkommenen Humus, und erzeugen einen mittelmäßigen Holzboden.

Die nassen Biesenmoore gestatten einen nur sehr mittelmäßigen Wuchs der Schwarzerle. Wasserweiden und Birken gedeihen schlecht. Die ganz trocken gelegten geben einen mittelmäßigen Boden für Kiefern und Birken. Der Torfstich gewährt bei guter mineralischer Beschaffenheit des Untergrundes den doppelten Gewinn der Torfbenutzung und Bodenverbesserung.

**Seebrücher.** 5) Die Seebrücher entwickeln, so lange sie noch vom Salzwasser überströmt werden, eine nur sehr dürftige Vegetation. Bei großer Kälte enthalten sie in der Regel nur einen schlechten Moostorf. Mit ihrer Ausfüllung und Entwässerung liefern sie eine treffliche Vegetation; selbst eine Ausfüllung mit bloßem Dünenfande vermag sie in schöne Biesen zu verwandeln.

**Fenne.** 6) Die Fenne sind nicht mehr zum Holzboden zu rechnen. Bringen sie auch eine dürftige Vegetation von Erlen, Birken und Kiefern, so sterben diese doch gewöhnlich schon früher wieder ab, als sie die Stärke eines nugharen Holzes erreicht haben. Über die Entstehung dieser schwimmenden Pflanzendecke „Fenn“ wurde bereits S. 517 u. 518 das Nöthige gesagt. Es versteht sich, daß dieselbe keinen günstigen Standort für Holzpflanzen geben kann, doch kann sie es werden durch allmälige Ausfüllung und Verdrängung des Wassers durch niederfallende Pflanzentheile.

**Quelliger Boden.** Der quellige Boden ist zwar als solcher nicht zum Sumpfboden gehörig, doch verwandelt er sich leicht in denselben und schließt sich insofern an denselben an. Er entsteht am Fuße von Anhöhen, wenn das herabfließende Wasser keinen Abzug hat, ist aber auch von denselben entfernt und in sehr geringen Einsenkungen.

**Meeresboden.** Der Meeresboden, oder der Grund ehemaliger größerer Gewässer hat bald eine wellenförmige, bald ebene Oberfläche mit einzelnen Hügeln von 5 bis 600 Fuß. In seinem Grunde finden sich stets vom Wasser abgerundete Steinbrocken, zuweilen in großen Massen auf einander gehäuft. Auf denselben hat sich der Kies und über diesem Sand und Lehm abgelagert. Der Lehm, welcher sich zuletzt abgesetzt hat, nimmt gewöhnlich die

Höhenzüge an, während der Sand in der Regel die eingesenkten Ebenen bedeckt. Diese losen Massen sind so mächtig, daß man sie auch bei 200 Fuß Tiefe noch nicht hat durchbohren können.

Man unterscheidet den Meeresboden der älteren Bildung, oder das Diluvium und den neueren, oder das Alluvium, allein es ist hier keine strenge Scheidung möglich. Der Meeresboden trat offenbar nicht als eine wagerechte Fläche aus dem bewegten Meere hervor, wie es der Boden des Meeres jetzt noch zeigt, sondern als eine hügelige, wellenförmige Fläche, deren Vertiefungen später oft durch Wasser und Wind ausgefüllt wurden, daher das häufige Auftauchen von Lehminseln in dem Sandmeere. Ebenso liegt derselbe häufig unter einer übergewehten Sandschicht. So wechselt das Diluvium mit dem Alluvium, und es ist oft schwer, beide von einander zu unterscheiden, da die Überreste der Salzwasserbewohner, die nur dem Diluvium eigenthümlich sind, nicht immer gleich aufzufinden und zu erkennen sind.

Doch sind beide zuweilen in größeren Partien gesondert, wo sich dann das Diluvium vor dem Alluvium durch größere Fruchtbarkeit auszeichnet. Im Diluvium bilden die Hügel keine zusammenhängenden Rücken, wie im Alluvium, sondern mehr unregelmäßig zerstreute, oft ziemlich bedeutende Erhebungen, welche stets mit Wanderblöcken bedeckt sind. Letztere fehlen, wenigstens in bedeutender Größe, dem Alluvialboden an der Oberfläche.

Im Diluvialboden haben sich die Bodenbestandtheile nach dem Gesetze der Schwere niedergeschlagen, die leichten, der Thon und Lehm liegen oben. Daher ist in diesem Boden auch stets der Lehm vorherrschend und dieser auch fruchtbarer als der Alluviallehm, schon weil er reicher an Kalk ist. Je neuer die Bodenbildung ist, um so ärmer ist ihre Vegetation. Er ist dann ein Produkt des Windes, welcher den beweglichen Sand aufhäufte.

Anders verhalten sich allerdings die Dünen, welche sich an der Seeküste erst in der neuesten Zeit gebildet haben. Sie haben vermöge ihres starken Gehaltes an Kalk und auch wohl Salzen, so wie wegen des flachen Wasserspiegels und der Haarröhrenkraft des Bodens, zum Theil auch wegen der feuchten Seeluft eine eigenthümliche Vegetation.

Der Meeresboden nimmt einen großen Theil von Mitteleuropa ein, er beginnt in Belgien, an der Nordsee und wird nahezu durch die Schelde, Maas, die rheinischen und westphälischen Gebirge, den Harz mit seinen Ausläufen bis an die Elbe abgegrenzt. Er zieht dann durch die Lausitz, Niederschlesien gegen die Karpathen hin bis an die Höhenzüge des Urals in Rußland. Es gehört ihm sonach ein kleiner Theil des nordwestlichen, ein größerer des nordöstlichen Deutschlands, ganz Ost- und Westpreußen und der größte Theil von Polen und dem europäischen Rußland an.

### Petrographie.

Die meisten Gebirgsarten, welche die Unterlage des Bodens bilden, sind Gemenge aus einfachen (homogenen) Gesteinen von verschiedener chemischer Zusammensetzung. Diese Gemengtheile stehen zu einander in wechselnden Verhältnissen. So ist im Granit einmal der Feldspath, das

andere Mal der Quarz vorherrschend. Die Bestandtheile des Bodens sind demnach auch nach dem Mengungsverhältnisse der Gesteinsart verschieden. Ein genaueres Urtheil über eine Bodenart läßt sich daher nur fällen nach der Anschauung oder Untersuchung der Unterlage.

Chemische  
Zusammen-  
setzung der  
Gesteins-  
arten.

Die Bestandtheile der gewöhnlichen einfachen Gemengtheile der Gesteinsarten sind folgende:

Quarz ist reine, oder fast reine Kieselerde.

Kalkspath reine, oder mit wenig Eisenoryd verunreinigte Kalkerde

Gyps ist wasserhaltiger schwefelsaurer Kalk,  $\text{CaS} + 2\text{H}$ .

Der gemeine oder Kalifeldspath oder Orthoklas besteht aus 66 Theilen Kieselerde, 17 Theilen Thonerde und 17 Theilen Kali,  $\text{KSi} + \text{AlSi}$ , der Natronfeldspath oder Albit aus 69 Kieselerde, 19 Thonerde und 12 Natron  $\text{NaSi} + \text{AlSi}$ , der Kalkfeldspath oder Labrador aus 54 Kieselerde, 30 Thonerde, 12 Kalkerde und 4 Natron,  $\text{NaSi} + \text{AlSi} + 3(\text{CaSi} + \text{AlSi})$ .

Der Talk, der Hauptsache nach kiesel-saure Talkerde, enthält 62 Th. Kieselerde, 1,5 Thonerde, 27 Talk- oder Bittererde, 3,5 Eisenoryd und 6 Wasser, nach Berthier  $\text{MgSi}$ , nach Kobell  $\text{MgSi}$ .

Der Augit ist eine Verbindung von Kalksilicat mit Talkerde-silicat und besteht aus 54 Th. Kieselerde, 24 Kalkerde, 12 Talkerde und 1—15 Eisenorydul  $\text{R}_2\text{Si}$ .

Die Hornblende ist ebenfalls ein Kalk-Talkerdesilicat, aber mit gewöhnlich sehr wechselndem Thonerde- und Eisenorydulgehalte, ersterer von 0,5 bis 26, letzterer von 0,5 bis 20. Die thonerdefreie Hornblende ist  $\text{CaSi} + \text{MgSi}$  (Tremolit, Grammatit, Strahlstein) oder  $\text{FeSi} + \text{MgSi}$  (Anthophyllit).

Der Glimmer ist ein eisen- und kalkhaltiges Thonerdesilicat und enthält 46 Th. Kieselerde, 37 Thonerde, 9 Kali, 4,5 Eisenoryd, das übrige Flußsäure und Wasser. Der zweiarige Glimmer ist  $\text{KSi} + 4\left\{\begin{smallmatrix} \text{Al} \\ \text{Fe} \end{smallmatrix}\right\}\text{Si}$ ,

der einrige  $\left\{\begin{smallmatrix} \text{K} \\ \text{Mg} \\ \text{Fe} \end{smallmatrix}\right\}\text{Si} + \left\{\begin{smallmatrix} \text{Al} \\ \text{Fe} \end{smallmatrix}\right\}\text{Si}$ .

Der Braunspath oder Dolomit ist Kalk-Bittererdecarbonat,  $\text{CaC} + \text{MgC}$  und besteht aus 54 Th. kohlensaurem Kalk und 46 kohlensaurer Talkerde).

1) Das alkalireichste Silicat, was man bis jetzt kennt, ist der von Breithaupt 1846 entdeckte Pollur, welcher sich in den Drusen des Granits der Insel Elba findet,  $= 3\text{KSi} + 3\text{NaSi} + 3\text{AlSi} + 2\text{H}$ .

2) R bedeutet Radical (Kalk- und Talkerde, Eisen- und Manganorydul).

3) Kalk- und Talkerde sind aber auch oft in andern Verhältnissen verbunden, vgl. Hartmann's Handbuch der Mineralogie. Weimar 1843. II. S. 167 u. 168.

Die Kiesel Erde ist demnach vorherrschend im Quarz, Feldspath und Talk, macht nahe die Hälfte aus im Augit, in der Hornblende und im Glimmer.

Die Thonerde ist in größter Menge enthalten im Glimmer, nach ihm im Feldspath, in geringer Menge in der Hornblende, den übrigen einfachen Gesteinen fehlt sie ganz.

Die Kalkerde bildet allein den Kalkspath und Gyps, ist vorherrschend im Dolomit, untergeordnet im Augit und in der Hornblende.

Die Talkerde enthält in größter Menge der Dolomit, nächst ihm der Talk, die Hornblende und der Augit.

Kali enthält am meisten der Feldspath, weniger der Glimmer.

Eisen kommt am reichlichsten vor in der Hornblende, nach ihr im Augit, weniger im Glimmer und Talk.

Da die Fossilien, woraus eine Gebirgsart zusammengesetzt ist, durch Verwitterung einzelne Bestandtheile, wie Kalk, Talkerde, Kali, Eisen verloren haben können, so ergibt die Kenntniß dieser Gemengtheile nicht immer die Zusammensetzung des Bodens mit voller Sicherheit, noch weniger aber die Fruchtbarkeit desselben, weil diese außerdem noch von der Form und Zerlegung der Bestandtheile abhängt. Derselbe Kieselgehalt eines Bodens, welcher in Verbindung mit Thonerde als Thon einen festen bindenden Boden bildet, gibt eine bedeutende Lockerheit, wenn er in Körnern als Sand vorhanden ist. Es läßt sich daher keine Classification der Gebirgsarten nach der Güte des Bodens aufstellen, welcher daraus entsteht. Doch kann man aus der Gebirgsart, welche die Unterlage eines Bodens bildet, wenigstens im Allgemeinen einen Schluß auf die Güte des Bodens ziehen, und es ließ sich nach der in Deutschland am häufigsten auftretenden Natur der Gesteine in dieser Beziehung etwa Folgendes aufstellen:

- 1) Gesteine mit Feldspath, Quarz und Glimmer als Hauptbestandtheilen.

Der **Granit** findet sich in den deutschen Gebirgen, mit Ausnahme Granit. der schlesischen und etwa des Erzgebirges, nur selten in großer Ausdehnung. Doch sind die Wanderblöcke im Meeresboden des nördlichen und nordöstlichen Deutschlands vorzüglich Granit oder granitähnliche Gesteine, da die Gebirge Scandinaviens, woher dieselben wahrscheinlich stammen, größtentheils Granitmasse enthalten. Er besteht der Hauptsache nach aus Feldspath, Quarz und Glimmer. Bei dem des Schwarzwaldes bildet der Glimmer oft  $\frac{1}{2}$  der ganzen Masse, während er sonst den kleinsten Bestandtheil bildet. Der Granit der Wanderblöcke ist verschieden, gewöhnlich aber reich an Feldspath. Er bildet Übergänge in Sneis, Glimmerschiefer, Syenit und Diorit.

Er verwittert langsam, und zwar um so langsamer, je mehr er Quarz enthält. Außerdem hat auch die Schichtung und die Ausfüllung gangartiger Räume einen wesentlichen Einfluß auf seine Zerstörung. Er verwittert nur langsam, wenn er in großen compacten Massen vorkommt, leichter, wenn er in mehr oder minder deutliche Säulen oder Blöcke zerklüftet



ist. Die meisten Granite liefern einen Boden, welcher aus gleichen Theilen Thonerde und Kieselrde mit 5 bis 10 Procent Eisenoryd und 2 bis 6 Procent Kali besteht. Der geringe Talk-, aber auch der Kaligehalt verschwindet oft durch Auslaugung. Der meist bindende Boden ist im Allgemeinen feicht. Der leicht zerstörbare grobkörnige feldspath- und eisenreiche Granit kann einen vortrefflichen Boden für Buchen, Ahorne und Weisstannen liefern, der oft selbst tiefgründig genug für die Eiche ist und trotz seiner Frischeit keine Versumpfung erzeugt, weil das Wasser in die Felsenspalten eindringen kann. Der feinkörnige, quarzreiche Granit hingegen mit kaum erkennbaren Feldspathkrystallen und Glimmerblättchen auf den spizen Kuppen, Rissen und Nadeln liefert gewöhnlich durch Verwitterung nichts, als eine schwache Schicht Quarzkörner, denen der Regen alle nährenden Bestandtheile entführt hat, so daß darauf nur Heide und Vaccinien kümmerlich vegetiren. Dabei ist er an trockenen Süd- und Ostseiten auch der dürrteste Boden, den man sich denken kann. Wasseransammlungen in Einsenkungen bilden schnell tiefe Lager von Moostorf. Die Granitgebirge gehören immer zu den quellenreichen.

Der schwerer zerstörbare Granit eignet sich im Allgemeinen nur für flachwurzelnnde Holzgattungen, besonders für Fichten, Eichen, Hainbuchen und an feuchten Stellen für Schwarzerlen. Die Birke gedeiht darauf selten, noch weniger die Buche und die Eiche höchstens als Niederwald. Die feuchten Felsenspalten, worin sich Humus ansammelt, liefern häufig gutwüchsige Erlen. Flachwurzelnnde Sträucher, wie Koniceren und Sambucus, kommen hier gut fort.

Der leicht zerstörbare Granit, welcher weniger Quarz und mehr Feldspath und Glimmer enthält, liefert einen tiefgründigen, sehr kräftigen und frischen Boden, welcher allen Holzarten entspricht, die einer großen Bodenkraft bedürfen.

Im Allgemeinen ist der Granitboden wenig bindend. Der feldspathreiche indessen ist frisch und dabei warmgründig und mit vielen Quarzstücken und kleinen Steinen gemengt, welche durch ihre fortgesetzte Verwitterung dem Pflanzenwuchse eine dauernde Nahrungsquelle sichern. Am raschesten und vollständigsten verwittern die eisenschüssigen Stücke. Der kräftige, tiefgründige Granitboden erzeugt eine Menge üppig wuchernder Unkräuter, der arme, trockene und flache bedeckt sich gewöhnlich mit Heide und Vaccinien.

Manche Granite, namentlich grobkörnige, besitzen einen geringeren Zusammenhang ihrer Gemengtheile und zerfallen zu Grus ohne eigentliche Zersetzung ihrer Bestandtheile. Es entsteht dadurch ein sehr unfruchtbarer Boden, indem auch die durch Verwitterung entstehende Erdkrume in die Geröllschicht hinabgeschwemmt wird. Die Saaten werden bei solchem Boden auf stellenweise aufgetragene Bodentrume gemacht. Erreichen die Pflanzen einmal die Bodentrume auf dem Grunde der Geröllschicht, so gedeihen sie vollkommen. Bei starkem Feldspathgehalt bildet der zusammengeschwemmte bindende Thonboden leicht eine den Wasserdurchgang hindernde Schicht, wodurch in feuchten Klimaten leicht Versumpfung entsteht.

Die **Porphyr**, obgleich von sehr mannichfaltiger Beschaffenheit, reihen sich doch im Allgemeinen in Beziehung zur Bodenbildung der Granitgruppe an. Nur muß man sie unter zwei große Abtheilungen bringen: 1) schwer zerstörbare, in denen der Quarz vorherrscht, welche daher der Forstmann mit „Quarzporphyr“ bezeichnen kann, obgleich sie bisweilen wie der des Auerbergs bei Stolberg eigentlich Thonporphyr sind, allein in ihrer Grundmasse, einem Thonstein, waltet doch der Quarz vor. 2) Leicht zerstörbare, welche gewöhnlich mehr Feldspath enthalten und bei denen die Grundmasse des Thonsteins mehr von Eisenoxyd durchdrungen ist, was ihre Verwitterung begünstigt. Sie heißen gewöhnlich Thonporphyr, weil sie einen sehr thonhaltigen und gewöhnlich auch tiefgründigen Boden liefern.

Der aus dem Porphyr sich bildende Boden kann je nach den Mischungsverhältnissen dieses Gesteins flachgründig und arm sein, wie der Quarzporphyr bei Tharand, flachgründig, aber kräftig, wie der Porphyr am Auerberge, tiefgründig und kräftig, wie zum Theil im Balkenrieder Forste im südlichen Harzwalde und in mehreren Gegenden des Thüringer Waldes, wo er den bunten Sandstein durchbricht. Der bessere tiefgründige Porphyrboden erzeugt, vorzüglich auf den Mitternachtsseiten, in den Vorbergen die schönsten Thorne und Eschen, in der Nadelholzregion die Weißtanne. Auch Buchen, Hainbuchen und Fichten gedeihen gut. Der flachgründige, aber kräftige Porphyrboden liefert gewöhnlich Buchen und Fichten, erstere jedoch nur kurzschäftig. Am wenigsten entspricht der Porphyrboden der Eiche. Der arme flachgründige bringt meist Fichten hervor. Kiefer und Birke gedeihen darauf nur dürrig.

In forstlicher Beziehung reiht sich selbst das Quarzgestein, der Quarzfels und Quarzfels der Granitgruppe an. Doch liefern dieselben bei der größeren Gleichheit in ihrer Mischung einen Boden von weit bestimmterem Charakter. Der Quarz ist weit mehr frei von fremder Beimengung, der daraus sehr langsam hervorgehende Boden ist daher auch arm und flachgründig. Im milden Klima paßt er am besten für Eichen, Birken und Espenschlagholz, im höheren Gebirge besonders für die Fichte. Er ist gewöhnlich so zerklüftet, daß er das Wasser stark durchläßt und einen trockenen Boden bildet.

Der **Gneis** besteht aus Schichten von Feldspath und Quarz zwischen Gneis. Glimmerschichten eingeschlossen; der Feldspath ist meistens vorherrschend. Übergänge in Granit, Glimmerschiefer, Thonschiefer. Er verwittert, schon wegen des schieferigen Gefüges schneller als Granit. Bei vormaltendem Feldspath stimmt der daraus entstehende Boden mit dem des feinkörnigen Granits überein und ist mitunter noch fruchtbarer, namentlich wegen der größeren Bodentiefe und der zerklüfteten Unterlage. Bei großem Glimmergehalt zerfällt der Gneis leicht, ohne daß dabei eine wirkliche Zersetzung eintritt, was den nämlichen Nachtheil für die Bodenbildung herbeiführt, wie beim losen, grobkörnigen Granit. Vom Granitboden unterscheidet sich der Gneisboden durch einen feinkörnigen Sand.

Der **Glimmerschiefer** besteht aus Glimmer und Quarz mit schieferigem, oft blätterigem Gefüge. Der Quarz herrscht gewöhnlich vor und Glimmer-  
schiefer.

zwar im Verhältnisse von 3 zu 2. Übergänge in Gneis, Thonschiefer, Hornblendeschiefer. Er verwittert meist rascher als Granit und Gneis, und zwar um so schneller, je mehr er Glimmer enthält. Die Angaben über die Güte des daraus entstehenden Bodens sind so widersprechend, daß sich daraus nicht mehr entnehmen läßt, als daß er dem Granit- und Gneissboden zwar nachstehe, aber doch noch für edle Laubhölzer geeignet sei.

#### Grauwacke.

Die Grauwacke besteht aus größeren und kleineren Stücken von Quarz, Granit, Glimmerschiefer, Thonschiefer, Gneis und Feldsteinsporphyr, durch eine sehr quarzreiche Thonschiefermasse verbunden, theils von körnigem, theils von schieferigem Gefüge (Grauwackenschiefer). Die Verwitterung erfolgt, namentlich bei der quarzreichen körnigen Grauwacke langsam, schneller bei der mit vorherrschenden Trümmerstücken, am leichtesten beim Grauwackenschiefer. Der Grauwackeboden ist im Allgemeinen kräftig und entspricht den Holzgattungen, welche eine große Bodenkraft bedürfen, wenn er nicht zu flachgründig ist. Der Boden der Grauwacke bildet nicht wie der des Porphyrs steile Kuppen und hervorragende Berge, sondern mehr wellenförmige Ebenen mit sanften Abhängen. Nur die Thäler, meist Querthäler, haben oft sehr steile Wände. Obgleich ihr Boden frisch und ihr Gebirge nicht quellenarm ist, so ist sie doch wegen ihrer starken Zerklüftung nicht zu Versumpfungeneigt. Auf flachgründigem Grauwackeboden und in höheren Gebirgen gedeihen Fichte und Lerche gut, auf tiefgründigem in angemessenem Klima die edleren Laubhölzer, wie Eiche, Buche, Ahorn, Ulme, Esche u. Der Boden ist warmgründig und wenig bindend und selbst bei größerer Tiefe mit einer Menge kleiner zerbrockelter Gesteine gemischt. Wo die Grauwacke in Thonschiefer übergeht, liefert sie gewöhnlich einen vortrefflichen Laubholzboden. Für die Kiefer gibt er bei hinreichender Tiefe den besten Boden.

#### Thonschiefer.

Der Grauwacke steht in forstlicher Beziehung der Thonschiefer sehr nahe. Er besteht im Wesentlichen wie Granit und Gneis aus Feldspath, Quarz und Glimmer, meist mit etwas wenig Talk. Diese Gemengtheile sind indessen so klein und innig gemengt, daß man sie mit bloßem Auge nicht mehr zu unterscheiden vermag. Die Verschiedenartigkeit seines Mischungsverhältnisses läßt kaum ein bestimmtes Urtheil über den aus ihm entstehenden Boden zu. Am ungünstigsten für die Vegetation ist er bei so stark vortwaltendem Quarz, daß er fast als Kiefelschiefer erscheint. Der kohlenhaltige Dach- und Zeichenschiefer wird, namentlich wenn er viele Gesteinsbrocken enthält, durch die Sonne sehr heiß und trocknet dann bei seiner geringen wasserbindenden Kraft leicht aus. Dagegen liefert der thonhaltige reine Thonschiefer oft einen, wenn auch bindenden, doch tiefgründigen und reichen Boden. Seine chemische Zersetzung erfolgt an und für sich zwar langsam, wird aber durch das in sein schieferiges Gefüge eindringende und ihn dann bei Frostkälte zerklüftende Wasser sehr befördert. Je mehr seine Schichtung horizontal ist, um so weniger kann das Wasser eindringen und um so unzugänglicher wird er für die Wurzeln, während bei senkrechten Spaltungsrichtungen die Wurzeln sich in große Tiefe hinab-

ziehen und die Zwischenräume mit Humus ausfüllen. Ungünstiger ist in dieser Beziehung eine Spaltungsrichtung, welche einen spitzen Winkel mit der geneigten Fläche des Berges bildet. Zu den Holzarten, welche so lange Wurzelfasern bilden, daß sie den Thonschiefer durchdringen können, gehört besonders die Hainbuche und Espe, auch wohl Linde und Buche, weniger die Birke und Eiche, von den Nadelhölzern vorzugsweise die Fichte, weniger die Kiefer; Lerche und Weißtanne aber gar nicht.

Der Boden des Thonschiefers zeigt keine Versumpfungen, weil die Spalten das Wasser aufnehmen, doch ist er nicht quellenarm, weil das Wasser nicht sehr tief sinkt. Der stark thonhaltige Thonschieferboden ist, weil er viel Wasser in sich aufnimmt, sehr zum Auffrieren geneigt.

Der ältere Sandstein oder das Todtliegende besteht aus Quarz und Gesteintrümmern von Granit, Gneis, Glimmerschiefer, Thonschiefer, Hornblende u., verbunden durch eine theils thonige, eisenschüßige (rothes Todtliegendes), theils mergelige, kiefige (weißes Todtliegendes) Masse. Übergänge in Grauwacke, Feldstein, Porphyr und bunten Sandstein. Die Verwitterung erfolgt, besonders bei der Verbindung grober Trümmer durch eisenschüßige Thonmasse schnell, bei vorherrschendem, namentlich mergeligem Bindemittel sehr langsam. Der daraus entstehende Boden ist an und für sich schwer und bindend, wird aber durch eine beträchtliche Menge unzerstörter Gesteinsstücke so weit aufgelockert, daß er zu einem der fruchtbarsten Bodenarten werden kann. Doch wechselt seine Güte oft auf sehr kleinen Flächen bedeutend. Er entspricht besonders den harten Laubhölzern; unter den Nadelhölzern am meisten der Fichte, sie läßt indeß bald im Buchse nach und wird rothfaul. Birke und Kiefer sollen fast gar nicht darauf vorkommen. Einen weit geringeren Boden liefert das weiße Todtliegende, doch scheint derselbe der Weißtanne nicht ungünstig zu sein.

Der ältere Sandstein oder das Todtliegende.

## 2) Gesteine mit Feldspath und Hornblende als Hauptbestandtheilen.

Der Syenit ist ein inniges Gemenge aus Feldspath und Hornblende, Syenit. entweder mit vorwaltendem Feldspath, oder beide zu gleichen Theilen. Übergänge einerseits in Granit und Porphyr, andererseits in Grünstein und Hornblendegestein. Er verwittert langsamer als Granit und Gneis, der Feldspath verwittert zuerst, verwandelt sich in Kaolin. Er bildet einen fruchtbaren, sehr eisenschüßigen Lehm Boden, worin sich die Thonerde zur Kiesel Erde wie 1 zu 2 verhält, mit einem Kalkerdegehalt von 1 bis 10%, 5 — 6 Kali und ebensoviel Eisen. Dazu kommt ein 15% erreichender Kalkgehalt, besonders da, wo Syenit mit Urkalk wechselt, oder von diesem durchsetzt wird. Der Boden ist daher fruchtbar, aber meist flach und dem Granitboden an Güte nachstehend; er soll am meisten der Weißbuche zusagen.

Grünstein (Diorit) ist ein inniges Gemenge aus Hornblende und Feldspath, wovon erstere meist vorherrscht. Übergänge selten in Gneis. Verwittert so langsam wie Syenit, nur der sehr grobkörnige rascher. Der

Grünstein (Diorit).

Boden stimmt im Allgemeinen mit dem Syenitboden überein und unterscheidet sich davon nur durch einen etwas beträchtlicheren Thon- und geringeren Eisengehalt.

### 3) Gesteine mit Feldspath und Augit als Hauptbestandtheilen.

**Basalt.** Der Basalt ist ein inniges Gemenge aus Augit, Feldspath und Magneteisen. Übergänge in Dolerit, Bader und Trachyt. Verwittert, namentlich der säulenförmige, sehr langsam und nur an der Oberfläche, rascher der körnige. Er bildet einen sehr fruchtbaren Boden, meist aus 40—50 Kiesel-erde, 14—16 Thonerde, 8 Kalkerde, wenig Talk, bis 20% Eisen-oryd und etwas Natron, welcher trotz des geringen Thongehalts doch verhältnißmäßig sehr bindend ist, vermöge der feinen Zerkleinerung der Kiesel-erde.

Obelmen untersuchte mehrere Basalte im Vergleich mit schon theilweise verwitterten Antheilen derselben und erhielt folgende Resultate:

#### Basalt von Crouzet (Haute-Loire).

a) Unveränderter Theil		b) Veränderter Theil	
Wasser . . . . .	4,9	Wasser und organische Materie	16,9
Kieselsäure mit Spuren von Titan . . . . .	46,1	Kieselsäure . . . . .	36,1
Thonerde . . . . .	13,2	Thonerde . . . . .	30,5
Kalk . . . . .	7,3	Kalk . . . . .	8,9
Magnesia . . . . .	7,0	Magnesia . . . . .	0,6
Eisenorydul . . . . .	16,6	Eisenoryd . . . . .	4,3
Kali . . . . .	1,8	Kali . . . . .	0,6
Natron . . . . .	2,7	Natron . . . . .	0,9
		Titanoryd . . . . .	0,6
	<hr/> 99,6		<hr/> 99,4

Berechnet man beide Analysen auf eine gleiche Menge Thonerde, so ergibt sich, daß die Kieselsäure zu  $\frac{2}{3}$ , die Kalkerde zur Hälfte, das Eisen zu  $\frac{1}{10}$ , die Alkalien zu  $\frac{1}{2}$  und die Magnesia zu  $\frac{1}{100}$  verschwunden sind. Der Peridot, welcher in dem unveränderten Basalt enthalten ist, hat sich vollkommen aufgelöst.

#### Basalt von Polignac (Haute-Loire).

a) Unveränderter Theil		b) Veränderter Theil.	
Wasser . . . . .	3,7	Wasser und organische Materie	3,5
Kieselsäure . . . . .	53,0	Kieselsäure . . . . .	58,1
Thonerde . . . . .	18,4	Thonerde . . . . .	22,6
Kalk . . . . .	6,8	Kalk . . . . .	2,9
Magnesia . . . . .	3,5	Magnesia . . . . .	2,2
Eisenorydul . . . . .	9,5	Eisenoryd . . . . .	4,0
Kali . . . . .	2,7	Kali . . . . .	2,7
Natron . . . . .	3,1	Natron . . . . .	3,3
	<hr/> 100,7		<hr/> 99,3

Berechnet man beide Analysen auf gleiche Mengen Thonerde, so findet man, daß ein großer Theil der Kieselsäure mit fast  $\frac{1}{2}$  Kalk, der Magnesia und des Eisens verschwunden ist und daß die Alkalien sich in beiden Mineralien fast in denselben Verhältnissen wiederfinden. Es scheint daher die Zersetzung des Augits eher stattgefunden zu haben, als die des Feldspath's.

**Basalt von Kammerbühl (bei Eger).**

	a) Unveränderter Basalt	b) Basalt in der ersten Periode	c) in der zweiten Pe- riode der Zersetzung.
Wasser . . . . .	4,4	9,5	20,4
Kieselsäure mit Spuren von Titan . . . .	34,4	43,0	42,5
Thonerde . . . . .	12,2	13,9	17,9
Kalkerde . . . . .	11,3	12,1	2,5
Magnesia . . . . .	9,1	7,4	3,3
Eisenoxyd . . . . .	3,5	5,4	11,5
Eisenoxydul . . . .	12,1	8,3	—
Kali . . . . .	0,8	0,5	0,2
Natron . . . . .	2,7		
	100,5	99,5	99,3

Berechnet man die Analysen auf gleiche Mengen Thonerde, so findet man, daß der Basalt in der ersten Periode fast die ganze Menge der Alkalien nebst einem Theile der Kieselsäure, der Magnesia und des Eisens verliert. In der zweiten Periode verschwindet der größere Theil des Kalks und der Magnesia nebst einer bedeutenden Menge Kieselsäure und Eisen, welches als Dryd zurückbleibt. Die erste Periode entspricht der Zersetzung des Feldspath's oder Zeoliths, die zweite Periode der Zersetzung des Augits oder Peridots.

Der Basaltboden sagt namentlich den Laubhölzern, etwas weniger der Fichte zu. Den weichen Laubhölzern und der Birke soll er nicht günstig sein.

Der Dolerit (Grau- oder Flözgrünstein) ist ein mehr oder weniger erkennbares Gemenge aus Feldspath, Augit und Magneteisen, Feldspath und Augit meist zu gleichen Theilen. Übergänge in Basalt und Bae. Er verwittert viel leichter als Basalt. Die Bildung und Beschaffenheit des Bodens stimmen ziemlich mit der des Basaltbodens überein.

Dolerit  
(Grau- oder  
Flözgrün-  
stein).

Die Bae. besteht aus einem innigen Gemenge von Feldspath, Augit, Magneteisen, Glimmer und Hornblende. Übergänge in Basalt und Eisen-thon. Sie verwittert noch leichter als der Dolerit. Die Zusammensetzung des Bodens ist ziemlich die des Basaltbodens, nur ist der Eisen- und Thongehalt etwas geringer, wogegen der Kieselerdegehalt bis 60% steigt. Der Boden soll sehr fruchtbar und besonders für Laubhölzer geeignet sein.

**4) Gesteine mit Kalkerde als Hauptbestandtheil.**

Der Kalkstein oder dichte Kalk ist ein dichtes Gemenge von kohlen-saurem Kalk, Thon, Kieselerde und Eisenoxydul. Übergänge in körnigen Kalkstein (Marmor) und, jedoch sehr langsam, in Mergelverwitterung,

Kalkstein  
(dichter Kalk)

um so schneller, je mehr er Thon und Eisen enthält, namentlich wenn das Eisen auf einer noch niedrigen Oxydationsstufe steht; schneller verwittert der schieferige und zerklüftete, als der massige, da er leichter von Feuchtigkeit durchdrungen wird. Der Thongehalt des Kalksteins steigt von einigen wenigen bis auf 20% (Mergelkalkstein) und der Boden ist um so fruchtbarer, je größer der Thongehalt. Der bedeutende, oft mehr als 30% betragende Thongehalt des über dem Kalkstein liegenden Bodens rührt aber nicht immer von dem verwitterten Kalkstein her, sondern dessen Zerklüftungen sind oft mit Thonmasse ausgefüllt. Steigt der Thongehalt des Kalkbodens über 40%, während der Eisengehalt bis unter 2% herabsinkt, so entwickelt er eine hohe Fruchtbarkeit und wird mit dem Namen **Baselerde** bezeichnet. Am besten gedeihen darauf die Prunus-, Pyrus- und Sorbus-Arten, nach diesen die Rothbuche, dann die Ahorne und Eschen, die Fichte und Eiche. Den weichen Laubhölzern entspricht er am wenigsten. Je mehr im Kalkgestein der Thon- und Eisengehalt zurücktritt, um so geringer und seichter wird der Boden. Der thonarme Kalkboden ist trocken und warm, trocknet leicht aus, absorbiert die Gasarten schlecht, saugt das Regenwasser begierig ein und erhärtet damit zur festen Masse, erweicht aber durch Winterfeuchtigkeit viel leichter, als Thon- und Leimboden. Seine Fruchtbarkeit wird durch eine ihn stets feucht erhaltende Dammerdschicht, also durch ununterbrochene Bewaldung erhöht.

Übrigens ist der den Kalkstein deckende Boden häufiger, als der über anderen Gebirgsarten kein Verwitterungsboden, sondern Flößboden.

Die **Kreide** besteht fast nur aus kohlensaurer Kalkerde, wenigstens ist ihr Gehalt an Thonerde, Kiesel- und Eisenoxyd zu gering, als daß er einen wesentlichen Einfluß auf Bodenbildung haben könnte. Übergänge in Mergelverwitterung langsam. Der Kreideboden ist an und für sich unfruchtbar und entspricht nur in sehr feuchtem Klima den Prunusarten und der Rothbuche. So ist der Kreideboden von England theilweise sehr fruchtbar.

**Kalktuff**  
(Duffstein).

Der **Kalktuff** oder **Duffstein** ist eine lockere bis erdige, poröse Kalkmasse mit mehr oder weniger Kiesel- und Thonerde und Eisen. Er verwittert rasch und leicht. Der Boden ist meist sehr fruchtbar, namentlich der Rothbuche entsprechend, er stimmt im Allgemeinen mit dem Boden des dichten Kalksteins überein. Die Erhaltung der Bewaldung wird besonders bei geringem Thongehalte nothwendig.

**Dolomit**  
(Bitterkalk).

Der **Dolomit** oder **Bitterkalk** ist ein körniger, poröser Kalkstein und besteht aus kohlensaurem Kalk mit 3—46% kohlensaurer Kalkerde. Er verwittert schnell. Der daraus entstehende Boden wird dadurch, daß das Gestein häufig Glimmer, Talk, Quarz u. einschließt und der neuere Dolomit häufig mit Thon- und Gypslagern wechselt, der Vegetation, namentlich der harten Laubhölzer günstig. Er besteht in der Regel aus 40 kohlensaurem Kalk, 10 schwefelsaurem Kalk, 20—30 kohlensaurer Kalkerde, ebensoviel Thon, 8—10 Kiesel- und Eisenoxyd und Manganoxydul.

Der Gyps besteht aus 33 Kalkerde, 46 Schwefelsäure und 21 Wasser. Gyps. Er verwittert sehr schnell, da er vom Regenwasser aufgelöst und ausgewaschen wird. Der reine Gyps liefert einen ganz unfruchtbaren Boden, der mit Thon gemengte (Thongyps), oder mit Thonschichten wechselnde bildet einen bisweilen sehr fruchtbaren, besonders der Rothbuche und den Thornen zusagenden Boden.

### 5) Sandsteine.

Sie bestehen aus kleinen, durch ein thoniges, kalkiges, mergeliges, kiesiges, eischüssiges Bindemittel zusammenhängenden Quarzkörnern. Die Verwitterung ist verschieden je nach der Verschiedenheit und Menge des Bindemittels, bei thonigem und eischüssigem Bindemittel und großer Menge desselben am schnellsten; am langsamsten dagegen bei kiesigem und mergeligem. Auch die Beschaffenheit des daraus entstehenden Bodens ist nach der Art und Menge des Bindemittels und nach der Größe der Quarzkörner sehr verschieden.

Der Thonsandstein liefert einen meist sehr fruchtbaren bindenden Thon- oder Leimboden, dessen Thongehalt bis auf 30% steigt, besonders wenn er aus sehr feinen Quarzkörnern besteht. Der Boden ist um so weniger bindend und thonhaltig, je größer die Quarzkörner sind, weil dann die Thontheile in die Tiefe hinabgeschwemmt werden, wo das so entstehende Thonlager Veranlassung zu Versumpfungen gibt. Der Boden des feinkörnigen Thonsandsteins sagt den meisten Laubhölzern und der Fichte sehr gut zu und soll namentlich der Eiche sehr günstig sein. Thonsandstein.

Der Kalksandstein hat außer seinem kalkigen Bindemittel häufig noch einen beträchtlichen Glimmergehalt, wo er dann einen sehr fruchtbaren Boden bildet, der übrigens alle Nachtheile der großen Lockerheit zeigt. Er entspricht namentlich der Buche und Fichte, und wenn er tief ist, auch der Lerche und Kiefer. Kalksandstein.

Der Mergelsandstein liefert eine der fruchtbarsten Bodenarten, wenn das entweder thonmergelige oder kalkmergelige Bindemittel in hinreichender Menge vorhanden ist. Die Quarzkörner sind gewöhnlich klein, daher der Boden seine Mischung erhält. Er ist bei gleicher Menge des Bindemittels lockerer, als der des Thonsandsteins. Mergelsandstein.

Der Quarzsandstein besteht aus kleinen Quarzkörnern mit kieseligem, eischüssigem Bindemittel. Er verwittert sehr schwer und der daher meist sehr leichte, lockere Boden ist auch wegen seiner Zusammensetzung der Vegetation wenig günstig; am meisten noch der Fichte und Birke; für die Kiefer ist er gewöhnlich zu leicht. Quarzsandstein.

Nach den Lagerungsverhältnissen unterscheidet man bunten Sandstein, Quadersandstein, Kohlsandstein u., deren jeder sowohl Thon-, als Kalk-, Mergel- oder Quarzsandstein sein kann.



## Bestandtheile des Bodens.

Die Stoffe, aus welchen die Bodentrume zusammengesetzt ist, sind theils gleich bleibend, dauernde Bestandtheile, oder ihr Vorkommen wechselt nach Umständen, veränderliche Bestandtheile.

Dauernde  
Bestandtheile  
des Bodens.

Die dauernden Bestandtheile des Bodens sind diejenigen, welche wegen ihrer Schwerlöslichkeit und geringen Zersezbarkeit in Quantität und Qualität ziemlich gleich bleiben, sie bilden daher auch den bei Weitem kleinsten Theil der Pflanzennahrung, sind aber nichtsdestoweniger als solche von größter Wichtigkeit, weil sie durch ihre bedeutende Sättigungscapacität den schwachen organischen Säuren gegenüber, wie namentlich hier der Humussäure, bei ihrer Aufnahme an die Pflanzen denselben eine große Menge organischer Bestandtheile zuführen; in mechanischer Beziehung üben sie ferner dadurch einen mächtigen Einfluß auf die Vegetation, daß sie die Pflanzen an die Quelle ihrer Nahrung fixiren und die Nahrungstoffe sowohl durch größere Zertheilung, als auch durch ihre Absorptions- und Bindenkraft für Gase und Feuchtigkeit in den der Assimilation entsprechenden Zustand versetzen und vermöge ihrer Porosität aus der Ferne zuleiten.

Veränderliche  
Bestandtheile  
des Bodens.

Die veränderlichen Bestandtheile des Bodens sind jene, welche vorzugsweise die Nahrung der Pflanzen bilden und demnach durch den Vegetationsprozeß manchen Veränderungen unterworfen sind.

Zu den ersteren gehören die Kiesel-erde, Thonerde, Kalkerde, Magnesia und die (Schwer-)Metalloryde; zu den letzteren verschiedene Salze, Säuren, Humus und das Wasser.

Die Kiesel-  
erde.

Die Kiesel-erde findet sich im Boden für sich in sehr fein zertheiltem Zustande als Kieselstaub, oder in größeren oder kleineren Körnern als Grand, Grus oder Sand (s. unten) meist in Verbindung mit wenig Thon, Eisen oder Humussäure, oder mit einer größeren Menge Thonerde als Thon. Je durchsichtiger und farbloser die Körner des Sandes sind, um so freier sind sie von Beimischungen; eine milchweiße Farbe erhält er durch Kalkgehalt, eine röthliche durch Eisen- und Mangan-Oxyde, eine schwärzliche durch Humustheile, die mit der Kieselsäure innig und vielleicht chemisch gebunden sind.

Die Kiesel-erde des Bodens bleibt unter allen Bestandtheilen des Bodens am unveränderlichsten, sie ist im freien krystallisirten Zustande im Wasser unlöslich und wird im löslichen Zustande, nämlich bei der Zersezung der Silicate durch kohlensäurehaltiges Wasser nur sehr langsam und in kleinen Mengen ausgeschieden.

Die Kiesel-erde hat unter allen Bestandtheilen des Bodens die geringsten Grade des Zusammenhangs und bildet demnach das vorzüglichste Lockerungsmittel für den Boden, und um so mehr, in je größeren Körnern sie vorhanden ist. Sind dieselben zu groß, so wird der Boden unfruchtbar, die großen Zwischenräume enthalten so viel Luft, daß der Regen entweder gar nicht eindringt, oder nur die oberste Schichte benezt, oder wenn er eindringt, theils in die Tiefe sinkt, theils wieder schnell verdunstet, ebenso

erfolgt die Zersetzung des Humus zu schnell. Das Wasser vermag die Sandkörner nicht zu durchdringen, es benetzt sie nur oberflächlich. Der Sand nimmt daher nur  $\frac{1}{3}$  von dem Wasser auf, welches der Thon aufnimmt, ohne davon naß zu werden. Der Sand zieht kein Wasser aus der Luft an, sondern wird nur durch wirkliche Niederschläge aus der Luft befeuchtet.

Wegen dieser geringen Aufnahmefähigkeit für Feuchtigkeit steht die Kieselerde auch in der Gasabsorption den übrigen Erden weit nach.

Der kieselreiche Boden kühlt sich endlich nach der Erwärmung durch die Sonne viel langsamer wieder ab, als andere Erdbarten, während er die Erwärmbarkeit mit diesen ziemlich gleich hat, die von dunkler Farbe etwa abgerechnet, welche sich stärker erwärmen. Die Ursache liegt nämlich in der glatten, glänzenden Oberfläche der Quarzkörner, weil Körper mit rauher Oberfläche die Wärme viel rascher ausstrahlen, als glatte Flächen.

Das spezifische Gewicht des Sandes ist 2,65, ein Kubikfuß wiegt im trockenen Zustande 112 Nürnberger Pfund.

Der Thon ist im reinen Zustande eine chemische Verbindung von Thon. Thonerde mit Kieselerde (Kieselsäure), ein Thonerdesilicat in verschiedenen Verhältnissen. Man unterscheidet solcher Thonerdesilicate gewöhnlich fünf:

1. Silicat 18,35 Kieselerde mit 81,65 Thonerde =  $\text{Al}_2\text{Si}$
2. " 31,01 " " 68,99 " =  $\text{Al}_2\text{Si}$
3. " 47,33 " " 52,67 " =  $\text{Al Si}$
4. " 64,25 " " 35,75 " =  $\text{Al Si}$
5. " 72,95 " " 27,05 " =  $\text{Al Si}$

Am gewöhnlichsten kommt das dritte Silicat vor.

Der Thon entsteht gewöhnlich durch Zersetzung des Feldspaths, Schieferthons und Thonschiefers u. Ersterer bildet indeffen das Hauptfossil zur Bildung des Thons. Das Kalisilicat desselben wird allmählig durch kohlen-säurehaltiges Wasser zersetzt und ausgelaugt unter Zurücklassung des Thonerdesilicats, welches jedoch eine 4% erreichende Menge Kali zurückhält. Schneller erfolgt dessen Bildung durch Schwefelsäure, welcher sich zu schwefelsaurem Eisenorydul oxydirt.

Nach seinen verschiedenen, in größerer oder geringerer Menge vorhandenen Beimengungen zeigt der Thon folgende allgemeine Eigenschaften in höherem oder geringerem Grade: Er saugt im trockenen Zustande begierig Wasser ein, klebt daher an Zunge und Lippen. Die Thonarten, welche es stärker einziehen, heißen fett, die, welche es weniger einziehen, mager. Die verschiedenen Thonarten zertheilen sich in Wasser und bilden damit eine schlüpfrige, zähe, bei vielen knetbare, bildsame Masse. Bei feiner Zertheilung in vielem Wasser bleibt er längere Zeit suspendirt, lagert sich aber allmählig am Boden ab und zwar nach der Schwere seiner Gemengtheile in regelmäßig begrenzten Schichten, so daß das Schwerste zu unterst, das Leichteste ganz oben abgelagert wird. Thon mit grobkörnigem Sande zerfällt leichter in Wasser und ist weniger schlüpfrig und zähe.

Der Thon wird durch Trocknen fester und spaltet sich bei völligem Austrocknen in säulenförmige Stücke, ähnlich der Absonderung des Basalts und ist dann so hart, daß er sich weder durch Eggen, noch Walzen, sondern nur durch Zerschlagen zertheilen läßt. Der Winterfroß zersprengt indessen die feste Masse durch Ausfrieren, so daß sie beim Aufthauen zerfällt. Grober Sand hindert das feste Eintrocknen.

Im Feuer zieht sich der Thon zusammen und schwindet in verschiedenen Hitzegraden regelmäßig, er wurde daher von Wedgwood zu einem Pyrometer benutzt. Er wird dabei endlich so hart, daß er am Stahl Funken gibt und sich dann in Wasser nicht mehr zertheilt.

Reiner Thon ist unschmelzbar, nur fremde Beimengungen, wie kohlensaurer Kalk, Eisenoxyd, Kali machen ihn schmelzbar. Auch Sand erhöht bei gleichzeitiger Gegenwart von Kalk seine Schmelzbarkeit und zwar um so mehr, je mehr sich das Verhältniß folgendem nähert: 2 Theile Thon, 1 Th. Kalk und 2 Th. Sand; 4 Th. Sand würden das Gemenge wieder unschmelzbar machen. Eisenhaltiger Thon entwickelt beim Anhäugen einen eigenthümlichen unangenehmen Geruch. Sand mindert die Zähigkeit und Bildsamkeit des Thons und er erhält dann den Namen Lehm.

Man unterscheidet nach dem Gehalte an beigemengter Kiesel Erde oder Sand 5 Arten von Lehm:

- |                           |   |                    |     |                 |
|---------------------------|---|--------------------|-----|-----------------|
| 1) mit 3fachem Kieselthon | = | 76 Thonerdesilicat | und | 24 Kiesel Erde. |
| 2) „ 2fachem „            | = | 68 „               | „   | 32 „            |
| 3) gleichatomiger Lehm    | = | 52 „               | „   | 42 „            |
| 4) mit 2fachem Thonkiesel | = | 35 „               | „   | 65 „            |
| 5) „ 3fachem „            | = | 26 „               | „   | 74 „            |

Sandmergel,  
Mergel,  
Kalkmergel,  
Stein- und  
thoniger Mergel,  
Mergel-  
erde.

An den Lehm mit 3fachem Thonkiesel schließt sich durch Vermehrung des Sandgehaltes der Sandmergel und lehmige Sandboden an, während der Thon durch Aufnahme von Kalk in den Mergel und Kalkmergel übergeht. Auch heißt derselbe bei starkem Kalk- und geringem Thon- gehalt Steinmergel, im umgekehrten Falle thoniger Mergel und wenn die Masse weich und zerreiblich ist, Erdmergel oder Mergelerde.

Eigenthlicher  
Thon oder  
Klay.

Diesem Gemenge gibt indessen erst ein Gehalt von 5—10% Eisenoxyd den Namen Lehm. Durch geringeren Sandgehalt nimmt der Thon mehr Wasser auf, wird daher bildsamer, durch geringeren Gehalt an Eisenoxyd wird seine Farbe blasser bis weiß. Er heißt dann vorzugsweise Thon oder Klay und zwar je nach seiner geringeren oder größeren Reinheit von Eisen rother und weißer Töpferthon, Pfeifenthon, Porzellanthon.

Der Lehm unterscheidet sich vom Thon auch noch durch einen größeren Gehalt an Kalk, doch gehen beide allmählig ineinander über, so daß sich eine genaue Grenze nicht ziehen läßt. Der Lehm fühlt sich nicht, wie der Thon, fettig an, sondern ist zerreiblich; naß ist er zwar noch formbar, aber nicht zäh, wie der Thon. Am deutlichsten unterscheidet er sich aber von diesem, daß er sich trocken nicht mehr unter dem Fingernagel glätten läßt. Feinerdiger mit sehr viel und sehr feinem Sand gemengter, aus dem

Wasser periodisch abgesetzt und daher schieferiger Thon von bläulicher oder grauer Farbe heißt Letten.

Letten.

Eisenoxyd und brennbare Körper, wie Humus, Erdharze u. dgl. bedingen in der Regel die Farbe des Thons. Sie hängt von der Oxydationsstufe des Eisens und von der Mengung und Mischung der Eisenverbindungen ab. So gibt Eisenoxydul schwarz, Eisenoxydulhydrat weiß, Eisenoxyd roth, Eisenoxydhydrat gelb, Eisenoxydorydulhydrat grün, phosphorsaures Eisenoxydorydul blau und die mannichfaltigen Mischungen dieser Farben die verschiedensten Nuancen. Alle von Eisen gefärbten Thonarten, welche Farbe sie auch haben mögen, werden durch Glühen roth. Die durch brennbare Körper, wie Humus und Erdharz, ertheilte Farbe ist schwarz und wird durchs Glühen aschgrau, oder beim vollständigen Verbrennen der organischen Substanz weiß.

Farbe des Thons.

Reiner Thon braust mit Säuren nicht, wohl aber solcher, der kohlensaure Kalk- oder Talkerde enthält. Ein Talkerdegehalt macht den Thon auffallend fett, ohne aber seine Schmelzbarkeit zu erhöhen.

Die bindenden Thon- und Lehmarten nehmen 40—50% ihres eigenen Gewichts Wasser auf, während der Sand dessen nur 25 aufnimmt. Kalk-, Talk- und Humusboden besitzen diese Fähigkeit in noch höherem Grade als der Thonboden. Es kann daher diese nachtheilige Eigenschaft nur durch Hinzutreten des Sandes gehoben werden.

Das specifische Gewicht des Thons beträgt gewöhnlich 2,533, der Kubitfuß desselben wiegt dann 75 Pfund.

Der Thon vermehrt die Fruchtbarkeit des Bodens 1) durch seine wasserhaltende Kraft. Er erhält sich und die ihm beigemengten Bestandtheile des Bodens durch seine Wasseranziehung aus der Luft, welche er in weit höherem Grade als der Sand besitzt, und durch die geringe Abgabe der Feuchtigkeit an die Unterlage auch bei trockener Witterung feucht. Thau und Nebel wirken nicht bloß auf seine Oberfläche, wie beim Sand, sondern bringen tiefer ein und werden dadurch der raschen Verdunstung entzogen. 2) Durch Absorption von Sauerstoff und Kohlensäure, welche letztere er auch dem Boden im Wasser zuführt. Ganz besonders zeichnet sich aber der Thon nebst dem Eisenoxyd vor allen übrigen Bodenbestandtheilen dadurch aus, daß er mit dem Ammoniak eine feste Verbindung eingeht, und die Niederschläge, welche man durch Ammoniak in Eisenoxyd- und Thonerdesalzen erhält, sind als wahre Salze zu betrachten, worin das Ammoniak die Rolle einer Säure spielt. Bonis fand, daß der Geruch, den man beim Befeuchten aller thonreichen Mineralien bemerkt, zum Theil von entwikkeltem Ammoniak herrührt. 3) Durch Festhaltung des Humus, da er ihn theils vor dem Austrocknen schützt, anderntheils das Versinken der aufgelösten Humussäure und ihrer Salze in die Bodenunterlage hindert. Die Thonerde verbindet sich mit dieser Säure und namentlich mit Quellsäure und Quellsäure zu sehr schwerlöslichen Körpern und hindert dadurch das Auslaugen durch Regen. 4) Durch Verzögerung der zu schnellen Zersetzung des Humus vermöge der Abschließung der Luft.

Wirkung des Thons als Bodenbestandtheil.

Ein Uebermaß von Thon wirkt nachtheilig 1) durch zu langes Festhalten der Feuchtigkeit bei nassem Wetter und Klima, wo er leicht Fäulnissveranlassungen veranlaßt. Die meisten Sumpfe, Moore, Seen und Brüche des Moorbodens entstehen auf diese Weise. Es muß hier durch Anlegung von Abzugsgräben oder durch Beförderung des Luftwechsels (Ausfischung der Bestände, Entfernung der Pflanzendecke, Sumpfmooße) gesorgt werden. 2) Durch sein schnelles Erkalten bei abnehmender Temperatur, was mit seinem größeren Feuchtigkeitsgehalte und mit der Rauheit seiner Oberfläche (gegen die der Kieseelerde) im Zusammenhange steht. Er bildet daher einen kalten Boden. Durchs Glühen wird die wasserhaltende Kraft so weit gemindert, daß sie nach dem Glühen bei grob gepulvertem Thon 46, und bei seinem 60 beträgt, wenn sie bei ungeglühtem 70% betrug. Auch der Zusammenhang wird dabei von 160 auf 10 verringert. Schädlicher. Außerdem bewirkt das Erhitzen auch eine chemische Veränderung. So lösen nach Stöckhardt Wasser und verdünnte Salzsäure aus 100 Theilen frisch gegrabenen Lehms nur 2% Koth auf, aus demselben nach dem Erhitzen bis 150° dagegen 6%, bei mäßigem Glühen 26½, bei starkem Glühen 29 Koth. 3) Wirkt ein Uebermaß des Thons nachtheilig durch zu starkes Erhärten bei trockener Witterung, was die Ausbreitung der Wurzeln hindert. 4) Durch Spalten beim Austrocknen in der Hitze des Sommers und Ausfrieren in der Kälte des Winters, wodurch die Wurzeln theils zerreißen, theils bloßgelegt werden. 5) Er bindet die organischen Stoffe zu stark und gibt sie daher nur schwierig ab.

Bei der Beurtheilung des Bodens muß daher besonders das Verhältniß des Thons zu den anderen Bestandtheilen berücksichtigt werden, namentlich zum Kalk. 37 bis 40% ist das beste Verhältniß desselben zu allen übrigen Bestandtheilen. Besonders aber kommen hierbei auch klimatische Verhältnisse mit in Betracht. So kann der in einem trockenen Klima unfruchtbare sandreiche Thon in einem nassen sehr fruchtbar sein, und umgekehrt vorwaltender Thon für ein nasses Klima zu kalt, für ein warmes aber der Vegetation sehr günstig sein.

**Kalkerde.** Die Kalkerde kommt im Boden theils als kohlensaure Verbindung vor, theils als schwefelsaure oder Gyps.

Die kohlensaure Kalkerde ist als solche in Wasser fast unauflöslich (1 in 18000), löst sich aber durch Umwandlung in doppeltkohlensaure Kalkerde ( $\text{CaC}_2$ ) in kohlensäurehaltigem Wasser, und nach der Verbindung mit Humusssäure als humusaurer Kalk in 2000 Theilen kaltem Wasser auf und geht in diesen Verbindungen in die Pflanze über, worin er (wenigstens bei den Hölzern) die Hälfte der anorganischen Bestandtheile ausmacht. Dieses Vortreten der Kalkerde unter den anorganischen Bestandtheilen der Pflanze beruht einerseits auf der großen Verbreitung derselben im Boden; andererseits auf dem Umstand, daß er zur Humusssäure eine größere Verwandtschaft besitzt, als Kali, Natron und Ammoniak; jene Basen dagegen, welche den Kalk an Verwandtschaft zur Humusssäure übertreffen,

Magnesia, Eisen- und Manganorydul, in weit geringerer Menge vorkommen; Thonerde sich aber nur in Verbindung mit Kieselsäure vorfindet, welche weit schwieriger zerfällt wird, als die kohlensaure Verbindung der Kalkerde.

Wegen der raschen Auflösung des Humus durch den Kalk, heißt man den Kalkboden einen thätigen Boden. Wenn er fruchtbar sein soll, muß er viel Humus enthalten. Es muß daher auf diesem Boden nicht bloß für dichte Bewaldung, sondern auch für eine Holzart von dichtem Schluß und Blattrichthum gesorgt werden und diesen Anforderungen entspricht die Rothbuche am besten, welcher auch der Kalkboden besonders zusagt.

Nächst dem Sande hat die Kalkerde die geringste Zusammenhaltskraft und bildet demnach einen lockeren, leichten, der Wurzelausbreitung günstigen, wenig bindenden Boden, gestattet aber wegen ihrer feineren Zertheilung einen geringeren Luftwechsel, als der Sandboden, welchen jedoch eine Beimengung von Sand vermittelt.

Rücksichtlich ihres Verhaltens zur Feuchtigkeit hält die Kalkerde zwischen Kiesel- und Thonerde die Mitte und ist in dieser Beziehung im reinen Zustande der Vegetation nicht günstig. Sie saugt, je nach ihrer geringeren oder größeren Vertheilung, nur 25—40% ihres Gewichtes Wasser, welches sie durch Versenkung in die Tiefe und Verdunstung bald wieder verliert, und dabei besitzt sie auch das Vermögen, Wasser aus der Luft anzuziehen, in sehr geringem Grade.

Von der Sonne wird die Kalkerde, nächst der Kiesel- oder Thonerde, am wenigsten erwärmt, weil das aufgenommene Wasser nicht, wie bei der Thonerde, alles zu verdunsten braucht, sondern zu einem großen Theile in die Tiefe sinkt, sie verliert auch die Wärme nicht viel schneller, als der Sand, da sie wegen ihrer Trockenheit ein schlechter Wärmeleiter ist. Der Kalk bildet daher einen sogenannten heißen oder hitzigen Boden.

An und für sich bildet daher die Kalkerde einen trockenen, warmen, meist humusarmen, unfruchtbaren Boden. Eine hinreichende Beimengung von Thonerde und Humus vermag sie indessen zu einer der fruchtbarsten Bodenarten zu machen; so reicht hierzu schon ein Lehmgehalt von 30—40% hin, und eine Beimengung von 10% Lehm bildet damit bei einigem Humusgehalt einen mittelmäßig guten Waldboden.

Ist der Kalkboden mit so viel Thon und Sand gemengt, daß der Mergel. Gehalt an kohlensaurem Kalk 20% nicht übersteigt, so heißt er Mergel. Beträgt der Sandgehalt 60—70%, so nennt man das Gemenge sandigen Mergel. Steigt der Thongehalt auf 20—40%, so heißt es lehmiger, bei 50—60% thoniger Mergel. Die Mergelarten, namentlich aber der lehmige und thonige, bilden einen sehr fruchtbaren Boden, weil hier die Mischung in einem Verhältnisse stattfindet, in welchem die nachtheiligen Eigenschaften der einzelnen Gemengtheile sich gegenseitig aufheben.

Krocker, welcher auf Liebig's Veranlassung 7 verschiedene Arten Mergel untersuchte, fand darin:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Kohlensaure Kalkerde . . .	12,275	14,111	18,808	20,246	25,176	32,143	96,066
Kohlensaure Bittererde . .	0,975	Spuren	1,228	3,211	2,223	1,544	1,106
Kalk . . . . .	0,087	0,082	0,072	0,091	0,105	0,101	0,103
Wasser . . . . .	2,086	2,146	2,111	1,311	1,934	1,520	1,555
Thon, Sand und Eisenoxyd	84,525	82,830	76,827	74,325	69,570	64,214	60,065
Ammoniak . . . . .	0,0045	0,0077	0,0988	0,0768	0,0736	0,0955	0,0679

**Gyps.** Die schwefelsaure Kalkerde oder der Gyps kommt nur selten im Boden überhaupt und über Gypsfelsen selbst oft nur in geringer Menge vor, weil er vermöge seiner Leichtlöslichkeit sehr bald vom Regenwasser ausgelaugt wird. Wo er vorkommt, bildet er einen lockeren, mageren und heißen Boden, der nicht mehr Feuchtigkeit als Quarzsand aufnimmt, dieselbe ebenso schnell verliert und keine Feuchtigkeit aus der Luft anzieht. Beim Gypsboden ist vor Allem auf Erhaltung der Humusschichte zu sehen, die hier durch die Rothbuche und Esche noch am ersten erhalten wird, obgleich er auch diesen weit weniger entspricht, als Kalkboden.

Phosphor-  
saure Kalk-  
erde.

Die phosphorsaure Kalkerde, welche im Mineralreiche als Spargelstein, Phosphorit, Apatit und als untergeordneter Bestandtheil des Granits, Gneiss und Glimmerschiefers vorkommt und für sich in reinem Wasser nicht, wohl aber in Kohlensäurehaltigem löslich ist, bildet einen beträchtlichen Theil der anorganischen Pflanzenbestandtheile, hat indessen in praktischer Beziehung ein besonderes Interesse nur für die Landwirthschaft, insofern er als Nahrungsmittel die Knochenbildung der Thiere begründet.

Kalkerde.

Die Kalkerde kommt im Boden vor als Carbonat und Silicat. Ersteres im Boden des Dolomits und in kleiner Menge in manchen Kalksteinen und Mergeln; das Silicat im Boden der hornblendeartigen Gesteinsarten, des Talks und Chlorithschiefers. Bis zu  $\frac{1}{4}$ , seltener 1%, findet sich die Kalkerde fast in jedem Boden.

Die Kalkerde, für sich im Wasser unlöslich, löst sich, wie der Kalk, als Doppelcarbonat und in Verbindung mit Humusssäure im Wasser leicht. Sie hat zwar nach der Thonerde die größte Zusammenhangskraft, aber doch immer nur den 9. Theil von dieser. In Beziehung zur Feuchtigkeit zeigt sie unter allen Erden das günstigste Verhalten. Sie nimmt die größte Menge Wasser auf und hält diese selbst fester als der Thon, ebenso besitz sie das Vermögen, Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen, im höchsten Grade. In größerer Menge würde sie daher dem Boden nicht austräglich sein; in der geringen Menge aber, in welcher sie gewöhnlich vorkommt, können diese Eigenschaften nur günstig wirken.

Die Bittererde ist übrigens ein wichtiges Nahrungsmittel, namentlich für Pflanzen, welche mehlfaltige Samen erzeugen. Diese enthalten beträchtliche Mengen von Bittererde als Phosphat.

Die Salze des  
Bodens.

Von den Salzen kommen unter den für Baldbaukultur wichtigen Bodenbestandtheilen nur vor: kohlensaures Kali, Natron und Ammoniak, Chlornatrium, kohlensaure, schwefelsaure und phosphorsaure Eisensalze.

Der Salzgehalt des Bodens beträgt in der Regel nicht mehr als  $\frac{1}{2}\%$  des Bodengewichts; nur in den Salzsteppen, an der Seeküste und in der Umgebung von Salzquellen, so wie im Torf- und Sumpfboden findet

sich ein stärkerer Salzgehalt vor, der indessen dem Buchse unserer Bäume stets nachtheilig ist.

Die bedeutende im Regenwasser zugeführte und die bei der Verwitterung der Gesteine ausgelaugte Salzmenge wird fortwährend in die Tiefe geschwemmt. Ein Boden ist daher um so freier von Salzgehalt, je leichter er den Abzug des Wassers in die Tiefe gestattet, und um so salzhaltiger, je bindender und thonreicher er ist.

Am ungünstigsten wirken die Eisensalze auf die Vegetation, die sich Eisensalze. im Sumpf- und Moorboden als Verbindungen von Eisenoxydul und Oxyd mit Kohlen-, Phosphor- und Humussäure, und in schwefelhaltigen Bodenarten, durch Oxydation als schwefelsaures Eisenoxydul und Oxyd, erzeugen. Es wirken nämlich viele, dem Thierorganismus verderbliche Mineralgifte, wie schon früher (S. 459) angegeben wurde, auch auf das Pflanzenleben zerstörend ein. So wie nun Eisensalze in kleiner Menge von ersterem ohne Nachtheil vertragen werden und sogar einen Bestandtheil desselben ausmachen, in großen Mengen dagegen durch Anäpung der Einverleibungsflächen als Gift wirken, so scheint auch ein Uebermaß von Eisensalzen störend auf die Vegetation zu wirken, namentlich das schwefelsaure Eisen wegen seiner Auflöslichkeit. Es können übrigens alle, auch zu den Pflanzenbestandtheilen gehörigen auflösbaren Salze den Vegetationsprozeß vernichten, wenn sie in so großer Menge vorhanden sind, daß sie eine Zersetzung der organischen Theile bewirken.

Entwässerung und Abtrochnung des Bodens, um den Luftzutritt zu vermehren, ist das einzige Mittel, die Unfruchtbarkeit eines solchen eisenhaltigen Bodens zu heben.

Unter den Natronsalzen findet sich das Chlornatrium (Koch- oder Steinsalz) am häufigsten als Bodenbestandtheil. In größerer Menge wirkt es besonders auf den Buchse der Gräser und Kräuter mit Ausschluß einiger, der sogenannten Salzpflanzen, nachtheilig ein; eine Beimengung unter  $\frac{1}{2}\%$  soll jedoch günstig wirken. An den Orten, wo Salzquellen zu Tage kommen, können wenige Pflanzen leben, während in gewisser Entfernung davon, wo der Einfluß des Salzes doch noch fühlbar ist, sich der schönste Wiesenwuchs zeigt. Auch Braconnot's Versuche, wodurch er die schädlichen Einflüsse des Kochsalzes auf die Vegetation darzuthun suchte, beweisen bloß, daß es in zu großer Menge schade.

Man hat sich die wohlthätige Einwirkung der Salze überhaupt daraus zu erklären gesucht, daß man sie als Reizmittel betrachtet; allein nachdem man sich in neuerer Zeit gezwungen sah, den Vegetationsprozeß für einen rein chemischen anzusehen, weil man bei den Pflanzen noch kein Nervensystem hat nachweisen können, so kann sich beim Kochsalz um so weniger eine Schwierigkeit darbieten, da man weiß, daß es, obgleich in größerer Quantität eine säulnißwidrige Substanz, in kleinerer Menge die Säulniß im Gegentheile fördert, was schon den Alten bekannt war<sup>1)</sup>.

1) Boyer Villemet, Compt. rend. Febr. 1845. Nr. 7 und daraus Dingler's polytechn. Journ. 96. 1845. S. 134.



Das Kochsalz befördert demnach in solchen kleinen Mengen die Verwesung der organischen Bestandtheile des Bodens und scheint durch Beschleunigung der Humusbildung gleichsam ein Reizmittel für die Vegetation abzugeben, und wahrscheinlich beruht auch darauf die Wirksamkeit aller übrigen als Reizmittel für den Pflanzenwuchs betrachteten Salze. Eine Zuckerauflösung trübt sich viel früher, wenn ihr  $\frac{1}{2}\%$  schwefelsaures oder phosphorsaures Natron und namentlich Salmiak oder Salpeter zugefetzt wird<sup>1)</sup>.

Kohlen-saures  
Natron.

Noch mehr befördert das kohlensaure Natron die Zersetzung des Humus, und bildet zugleich eines der auflöslichsten humus-sauren Salze, allein es kommt gewöhnlich nur in sehr geringer Menge im Boden vor.

Kohlen-saures  
Kali.

Wichtiger ist für die Vegetation das kohlensaure Kali. Auch in der Waldcultur bedient man sich desselben in einzelnen Fällen, um die Bodenthätigkeit künstlich zu erhöhen, so beim Hainen im Hackwaldbetriebe durch die sogenannte Feuerdüngung. Das Kali bildet eine beträchtliche Menge der anorganischen Bestandtheile der Pflanzen, einen Hauptbestandtheil der Asche, befördert die Zersetzung des Humus mehr, als alle anderen Salze und bildet das leicht löslichste humus-saure Salz.

Der Kaligehalt des Bodens rührt besonders aus den Feldspath und Glimmer enthaltenden Gebirgsarten her. Den lockeren Bodenarten, namentlich dem Sande, fehlt das Kali mitunter gänzlich, es übersteigt selten  $\frac{1}{2}\%$ , erreicht jedoch in Thon, Lehm, Kalk und Mergel bisweilen 1%.

Als die Hauptquelle des Stickstoffs für die Pflanzen, so wie als Auf Lösungsmittel für die Humus-säuren und als Verwesung befördernde Stoffe sind von besonderer Wichtigkeit die Ammoniak-salze des Bodens, obgleich sie wegen ihrer kleinen Menge in den seitherigen Bodenanalysen unberücksichtigt blieben. Krocker fand in 10 verschiedenen Arten Lehm-boden 0,135 bis 0,170 und in einer derselben 0,104% Ammoniak, in zwei Arten Sand-boden 0,096 und 0,056, in fast reinem Sand 0,031%. Der Boden hält also um so mehr Ammoniak zurück, je reicher er an Thon, und um so weniger, je sandiger er ist.

Die Säuren  
des Bodens.

Von den Säuren kommt, außer der Kohlen-, Kiesel- und Humus-säure, von welcher beim Humus noch besonders die Rede sein wird, selten eine frei im Boden vor. In Verbindung mit den verschiedenen Salzbasen findet sich am häufigsten die Salzsäure (nach der gewöhnlicheren Ansicht Chlor) mit Natrium, die Schwefelsäure in Verbindung mit Kalkerde und Eisen, und die Phosphorsäure gewöhnlich mit Eisen.

Saurer Bo-  
den.

Der sogenannte saure Boden hat seinen Namen zwar nicht nach seiner chemischen Beschaffenheit erhalten, sondern nach den Kräutern, welche auf dem sauren (nassen oder Moor-) Boden wachsen, wie Winsen, Niedgräser und Moose, welche zwar keinen sauren, aber auch nicht den süßen Geschmack guter Futtergräser besitzen, und daher nur im Gegensatz zu diesen mit dem Namen saures Futter bezeichnet worden sind; allein solcher Boden

1) Schulz in Poggendorff's Ann. 64. 1845. S. 146.

zeigt auch wirklich auf Lackmuspapier eine saure Reaction, weil er freie Humus säure mit Phosphor-, Kiesel-<sup>1)</sup>, Essig- und Äpfelsäure enthält.

Die Metalle, oder richtiger die Schwermetalle, finden sich im Boden nur in sehr geringer Menge. Am häufigsten findet sich das Eisen, in weit geringerer Menge das Mangan und in noch kleinerer das Kupfer. Blei und Zink finden sich nur örtlich.

Die Metalle  
im Boden.

Von all diesen Metallen verdient in der forstlichen Bodenkunde nur Eisen, das Eisen eine nähere Würdigung.

Das Eisen findet sich im Boden als Drydul, Dryd oder Dryduloryd, oder diese Drydationsstufen bilden Verbindungen mit Säuren, von denen schon bei den Salzen die Rede war. Das freie Eisenoryd kann dem Boden in großer Menge beigemengt sein, ohne daß es einen nachtheiligen Einfluß darauf äußert; im Gegentheil enthalten die meisten besseren Bodenarten viel Eisenoryd. Es theilt nämlich, wie schon angegeben wurde, mit der Thonerde die Eigenschaft, mit dem Ammoniak feste Verbindungen einzugehen und dasselbe aus der Luft anzuziehen. Nach Chevallier bildet das Ammoniak einen Bestandtheil aller eisenhaltigen Mineralien und ist selbst in dem nichts weniger als porösen Blutstein zu einem Procent enthalten. Der eisenhaltige, rothe Sand (Fuchssand) zeichnet sich dagegen durch seine Unfruchtbarkeit aus, das Eisenoryd bildet hier ein Silicat und scheint sich also in seiner Wirkung den übrigen Eisensalzen anzuschließen.

Das Eisenorydul soll sich häufiger als das Dryd nachtheilig zeigen. Es scheint die Zersetzung des Humus durch seine bedeutende Verwandtschaft zum Sauerstoff zu hindern, wie auch die schweflige Säure vor Gährung und Fäulniß durch Sauerstoffentziehung schützt. Dufourd<sup>2)</sup> hat sogar einen eisenhaltigen Syrup als höchst zweckmäßig zur Aufbewahrung des Fleisches empfohlen. Ich fand, daß Eisenorydul in einer mit Fleisch und Hefe versetzten Stärkelösung zwar die Zuckerbildung und Weingährung bei der Stärke, nicht aber die Fäulniß des Fleisches eintreten ließ, welche unter denselben Verhältnissen ohne Eisen sehr bald erfolgte. Dies steht aber mit der früher angeführten Thatsache, daß organische Körper schwefelsaures Eisenorydul und selbst Gyps vollständig zu Schwefelverbindungen zu reduciren vermögen, durchaus nicht in Widerspruch, wenn man bedenkt, daß in diesem Falle die Verwandtschaft des Schwefels zum Calcium und noch mehr zum Eisen mitwirkt.

Nach Gries bringen die löslichen Eisensalze, wenn sie von den Wurzeln oder den Blättern der Pflanze absorbiert werden, eine Vermehrung des Chlorophylls hervor, besonders bei chlorotischen Exemplaren. Auf die Wachsbildung wenigstens kann das Eisenorydul dem Licht analog wirken, insofern es decorydirt oder wenigstens Drydation hindert. Auch im

1) Die Kieselsäure läßt sich schon aus dem häufigen Vorkommen von Equisetum palustre und Restern von weißen Infusorienpanzern (Kieselguhr) erkennen.

2) Moniteur industriel. 1843. S. 755; Dingler's polytechn. Journ. 90. S. 228.

Allgemeinen sollen nach Gries die Eisenorydulsalze das Wachsthum befördern, besonders bei Topfgewächsen <sup>1)</sup>.

**Mangan.** Das Mangan bildet einen steten Begleiter des Eisens, es fehlt daher kaum in einer Bodenart, kommt jedoch in der Regel nur als eine Spur, oder höchstens als wenige Procente, in Verbindung mit Säuren, besonders Kohlensäure, als Drydsalz, für sich aber als Dryd vor. Seine Wirkungsweise auf die Vegetation ist bei seiner kleinen Menge noch nicht ermittelt worden, scheint sich aber nach seinem, dem Eisen sonst ganz analogen Verhalten demselben auch in dieser Beziehung unmittelbar anzuschließen.

Die Metallyoxyde sind wegen ihrer dunklen Farbe einer bedeutenden Erwärmung fähig, tragen daher zur Erwärmung des kalten Thonbodens wesentlich bei und mindern, vermöge der schwachen Anziehung zum Wasser und durch ihre geringe Cohäsion, die Zähigkeit dieses Bodens. Zu viel Eisenoryd macht natürlich den Boden zu hitzig und zehrend.

**Humus.** Der Humus ist einer der wichtigsten Bodenbestandtheile sowohl in chemischer Beziehung als eine Hauptquelle der Pflanzernahrung, als auch in physikalischer Hinsicht, insofern er die Aufnahme der Nahrungsstoffe durch die Wurzel überhaupt auf vielfache Weise befördert und endlich, weil er der einzige Bestandtheil des Bodens ist, durch dessen Entfernung oder Beibringung, Verminderung oder Vermehrung und Verbesserung der Forstwirth den Ertrag der Wälder zu erhöhen vermag.

**Die Humusbildung.** Die abgestorbenen Theile der Holzpflanzen, die jährlich abfallenden Blätter und Reiser, die im Boden zurückbleibenden Wurzeln der Holzpflanzen, die absterbenden Gräser und Kräuter, Moose und Flechten liefern unter geeigneten Umständen den Humus des Waldbodens.

Der Hauptbestandtheil dieser Pflanzenstoffe, der Faserstoff oder die Cellulose, verwandelt sich unter Abscheidung von Kohlensäure und Wasser in Uliminsäure:

	C	H	O
2 Atome Cellulose	48	84	42
1 At. Uliminsäure	40	28	12
8 At. Kohlensäure	8		16
14 At. Wasser		28	14
	48	56	42

Die von den 84 Atomen Wasserstoff übrig bleibenden 28 At. verbinden sich im Augenblicke des Freiwerdens (in statu nascenti) mit dem Stickstoff der Luft zu Ammoniak.

Die Uliminsäure geht unter Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft und Ausscheidung von Wasser in Huminsäure über:

	C	H	O
Uliminsäure	40	28	12
2 Atome Sauerstoff			2
Huminsäure	40	24	12
2 Atome Wasser		4	2

1) Compt. rend. 21. S. 1386—1387; pharm. Centralbl. 1846. S. 239.

Die Huminsäure liefert durch neue Drydation Geinsäure:

	C	H	O
Huminsäure	40	24	12
2 Atome Sauerstoff			2
Geinsäure	40	24	14

Oder die Cellulose geht in Ulmin-, Quellsag- und Quellsäure zugleich über, unter Abscheidung von Kohlensäure, Wasser und Wasserstoff:

	C	H	O
5 At. Cellulose	120	210	105
Ulminsäure	40	28	12
Quellsagsäure	48	24	24
Quellsäure	24	24	16
37 At. Wasser		74	37
8 At. Kohlensäure	8		16
60 At. Wasserstoff		60	
	120	210	105

Die Ulminsäure kann nun gleichfalls in Quellsagsäure und Quellsäure übergehen, unter Abscheidung von Kohlensäure und Wasserstoff:

	C	H	O
Ulminsäure	40	28	12
Quellsagsäure	48	24	24
Quellsäure	24	24	16
	112	76	52
172 At. Sauerstoff aus der Luft			172
	112	76	224
112 At. Kohlensäure	112		224
76 At. Wasserstoff		76	
	112	76	224

Oder sie verwandelt sich gleichfalls unter Bildung von Kohlensäure und Abscheidung von Wasserstoff ganz in Quellsäure:

	C	H	O
Ulminsäure	40	28	12
36 At. Sauerstoff aus der Luft			36
	40	28	48
Quellsäure	24	24	16
16 At. Kohlensäure	16		32
4 At. Wasserstoff		4	
	40	28	48

Der Wasserstoff, welcher nach diesen verschiedenen Verstellungsweisen frei werden muß, oxydirt sich zwar wahrscheinlich größtentheils zu Wasser, unterstützt jedoch auch die Ammoniakbildung.

Der Sauerstoff der im Erdboden enthaltenen Luft oxydirt den Wasserstoff und Stickstoff des aus dem Stickstoff der Luft und dem Wasserstoff der Fäulniß gebildeten Ammoniaks und erzeugt daraus Wasser und Salpetersäure. Dieselbe verschwindet aber sogleich wieder, indem sie mit

der Humussäure quellsassaures Ammoniak und Kohlensäure bildet. Diese Umwandlung der Humussäure in Quellsassaure geschieht natürlich, wie die Ammoniakbildung, immer nur in kleinen Theilen. Ober: es entsteht keine Salpetersäure, sondern das Ammoniak veranlaßt nur, vermöge seines Strebens nach Salpeterbildung, den Sauerstoff der Luft im Boden, die Humussäure zu Quellsassaure zu oxydiren. Wo hingegen kein Überschuß von organischen Substanzen vorhanden ist, da entsteht Salpetersäure, die sich mit den Alkalien oder alkalischen Erden des Bodens verbindet.

Durch dieses Streben von Seite des Ammoniaks, Salpeter zu bilden, verwandelt sich endlich auch die Quellsassaure in Quellsäure:

	C	H	O
1 At. Quellsassaure	48	24	24
1 At. Quellsäure	24	24	16
	24		8
der Sauerstoff von 8 At. Salpetersäure			40
24 At. Kohlensäure	24		48

Wie der Humus wirkt in dieser Beziehung auch die Holzkohle, daher ihre günstige Einwirkung auf die Vegetation.

Zu harter  
Luftzutritt  
mit zu wenig  
Feuchtigkeit

Zur Bildung des Humus ist vor Allem Feuchtigkeit und eine gemä-  
ßigte Einwirkung des Sauerstoffs der Luft nothwendig. Bei Mangel an  
Feuchtigkeit bildet sich kein Humus, durch den zu sehr begünstigten Luftzu-  
tritt erfolgt die Fäulniß mit zu großer Heftigkeit, aller Kohlenstoff oxydirt  
sich und entweicht mit Hinterlassung eines geringen aschenähnlichen Rückstan-  
des (Stauberde) fast vollständig als Kohlensäure. So geschieht es in den

und

lichten Birkenbeständen von höherem Alter, an den freien Sommerhängen u.  
Zu viel Feuchtigkeit dagegen und demnach zu geringer Luftzutritt er-  
schwert für den Kohlenstoff die Oxydation so sehr, daß sich dieselbe fast  
nur auf den Wasserstoff beschränkt. Letzterer aber wird verhältnißmäßig in  
weit größerer Menge oxydirt, als dies sonst bei mäßigem Luftzutritt der  
Fall ist. Es bleibt ein Rückstand, welcher sich dem reinen Kohlenstoff um  
so mehr nähert, je vollständiger der Luftzutritt verhindert ist, es entsteht  
so der Torf. Es scheint dies darauf zu beruhen, daß bei Luftzutritt die  
erleichterte Gasbildung zur Erzeugung von Kohlensäure prädisponirt, wäh-  
rend der stärkere Druck des Wassers das Bestreben nach Expansion mehr  
unterdrückt, so, daß der Sauerstoff ungehindert mit jenem Körper in Ver-  
bindung tritt, zu welchem er eine größere Verwandtschaft besitzt, nämlich  
mit dem Wasserstoff, womit er keine gasförmige, sondern eine tropfbar  
flüssige Verbindung bildet, nämlich das Wasser. Im ersteren Falle ver-  
schwindet also der Humus im Boden, indem er als Kohlensäure entweicht,  
oder wie man sich ausdrückt, der Humus verflüchtigt. Im letzteren  
Falle entsteht ein kohlenstoffreicher Humus, dessen Unauflöslichkeit mit dem  
Kohlenstoffgehalte desselben zunimmt.

zu viel Feuch-  
tigkeit mit  
zu geringem  
Luftzutritt  
verhindern  
die Humus-  
bildung.

Verflüchti-  
gung des  
Humus.

Wasser, welches einen fortwährenden Zu- und Abfluß hat, äußert in  
welt geringerem Grade jenen schädlichen Einfluß auf die Humusbildung.  
Die verwesenden Stoffe finden in dem sich stets erneuernden Wasser weit

leichter die zur vollständigen Drydation hinreichende Menge atmosphärischer Luft, als in stehendem Wasser.

Da der Luftgehalt des Regenwassers mehr in Kohlensäure, als in atmosphärischer Luft besteht, so befördert der Regen die Zersetzung der organischen Stoffe weniger und es ist auf diese Weise dafür gesorgt, daß dem Boden nicht durch jeden starken und andauernden Regen große Mengen dieses Nahrungstoffes durch Auslaugen entführt werden.

Da ferner die Auflöslichkeit mit der Temperaturerniedrigung abnimmt, so sinkt demnach im Winter, wo die Vegetation ruht, auch die Auflösung des Humus auf ein Minimum herab.

Die Auflöslichkeit des Humus als Humusäure in den Alkalien und Erden, aus denen sie sogar die Kohlensäure verdrängt, macht den Nutzen erklärlich, welcher aus der Versetzung des Moor- und Sumpfbodens mit Erden entspringt. Die Zersetzung des Humus erfolgt demnach auch am kräftigsten durch die Alkalien, weniger durch die alkalischen Erden und am wenigsten durch die Thonerde. Sie würde aber beim Thon in noch weit geringerem Maße stattfinden, wäre dessen Wirksamkeit nicht durch seinen Kali- oder Natrongehalt einigermassen unterstützt.

Was man gewöhnlich mit dem Namen **Humusextrakt** bezeichnet, ist Humusextrakt nichts Anderes, als die Auflösung der im Boden enthaltenen humus-, gein-, quell- und quellsauren Salze.

Außer den Humusäuren und ihren Salzen löst die Feuchtigkeit auch die bei Zersetzung des Humus entwickelte Kohlensäure auf und führt sie den Wurzeln zu. Auf der anderen Seite bildet nach Einhof das kohlensaure Wasser auch für den Humus selbst wieder ein besseres Auflösungsmittel, als reines Wasser.

Nicht bloß durch eine größere oder geringere Menge Feuchtigkeit wird die Humusbildung verhindert oder befördert, sondern sie ist ebenso abhängig von der Abänderung des Luftzutritts durch die Porosität des Bodens. Sie erfolgt demnach früher in einem lockeren, als festen Boden, früher in einem Erdbreich von grobem, als feinem Korn, ebenso auch früher in entblößtem, als mit Pflanzen bedecktem Erdbreich.

Die chemische Wirkung des Humus wurde bereits bei der Pflanzenernährung erörtert, was aber sein physikalisches Verhalten betrifft, so besitzt der Humus unter allen Bodenbestandtheilen die größte Wasseraufnahmefähigkeit, indem der gereinigte Baldhumus über 100 Procent seines eigenen Gewichts Feuchtigkeit aufzunehmen vermag, ohne naß auszusehen, ohne Wassertropfen erkennen zu lassen. Er zieht ferner mehr als alle mineralischen Bestandtheile des Bodens, die Feuchtigkeit aus der Luft und aus der Bodenunterlage an, hält demnach das ganze Bodengemenge, worin er sich befindet, feucht, während seine Lockerheit den Luftwechsel in der Erde in hohem Maße begünstigt. Im strengen Boden wirkt der Humus günstig durch Minderung des Zusammenhanges vermöge seiner Lockerheit, im leichten Boden vermittelt er durch seine feine Zertheilung den Zusammenhang der Sandtheile, indem er die Zwischenräume derselben ausfüllt, dadurch

physikalisches  
Verhalten  
des Humus.

Ein Uebermaß von Thon wirkt nachtheilig 1) durch zu langes Festhalten der Feuchtigkeit bei nassem Wetter und Klima, wo er leicht Versumpfungsnen veranlaßt. Die meisten Sümpfe, Moore, Seen und Brücher des Moorbodens entstehen auf diese Weise. Es muß hier durch Anlegung von Abzugsgräben oder durch Beförderung des Luftwechsels (Auslichtung der Bestände, Entfernung der Pflanzendecke, Sumpfsaose) gesorgt werden. 2) Durch sein schnelles Erkalten bei abnehmender Temperatur, was mit seinem größeren Feuchtigkeitsgehalte und mit der Rauheit seiner Oberfläche (gegen die der Kieseelerde) im Zusammenhange steht. Er bildet daher einen kalten Boden. Durchs Glühen wird die wasserhaltende Kraft so weit gemindert, daß sie nach dem Glühen bei grob gepulvertem Thon 46, und bei feinem 60 beträgt, wenn sie bei unegülhtem 70% betrug. Auch der Zusammenhang wird dabei von 160 auf 10 verringert. Schübler. Außerdem bewirkt das Erhizen auch eine chemische Veränderung. So lösen nach Stöckhardt Wasser und verdünnte Salzsäure aus 100 Theilen frisch gegrabenen Lehms nur 2% Loth auf, aus demselben nach dem Erhizen bis 150° dagegen 6%, bei mäßigem Glühen 26½, bei starkem Glühen 29 Loth. 3) Wirkt ein Uebermaß des Thons nachtheilig durch zu starkes Erhärten bei trockener Witterung, was die Ausbreitung der Wurzeln hindert. 4) Durch Spalten beim Austrocknen in der Hitze des Sommers und Ausfrieren in der Kälte des Winters, wodurch die Wurzeln theils zerreißen, theils bloßgelegt werden. 5) Er bindet die organischen Stoffe zu stark und gibt sie daher nur schwierig ab.

Bei der Beurtheilung des Bodens muß daher besonders das Verhältniß des Thons zu den anderen Bestandtheilen berücksichtigt werden, namentlich zum Kalk. 37 bis 40% ist das beste Verhältniß desselben zu allen übrigen Bestandtheilen. Besonders aber kommen hierbei auch klimatische Verhältnisse mit in Betracht. So kann der in einem trockenen Klima unfruchtbare sandreiche Thon in einem nassen sehr fruchtbar sein, und umgekehrt vormaltender Thon für ein nasses Klima zu kalt, für ein warmes aber der Vegetation sehr günstig sein.

**Kalkerde.** Die Kalkerde kommt im Boden theils als kohlen saure Verbindung vor, theils als schwefel saure oder Gyps.

Die **kohlen saure Kalkerde** ist als solche in Wasser fast unauflöslich (1 in 16000), löst sich aber durch Umwandlung in doppeltkohlen saure Kalkerde ( $\text{CaC}_2$ ) in kohlen säurehaltigem Wasser, und nach der Verbindung mit Humus säure als humus saurer Kalk in 2000 Theilen kaltem Wasser auf und geht in diesen Verbindungen in die Pflanze über, worin er (wenigstens bei den Hölzern) die Hälfte der anorganischen Bestandtheile ausmacht. Dieses Vormalten der Kalkerde unter den anorganischen Bestandtheilen der Pflanze beruht einestheils auf der großen Verbreitung derselben im Boden; anderntheils auf dem Umstand, daß er zur Humus säure eine größere Verwandtschaft besitzt, als Kali, Natron und Ammoniak; jene Basen dagegen, welche den Kalk an Verwandtschaft zur Humus säure übertreffen,

Magnesia, Eisen- und Manganorydul, in weit geringerer Menge vorkommen; Thonerde sich aber nur in Verbindung mit Kieselsäure vorfindet, welche weit schwieriger zerfällt wird, als die kohlensaure Verbindung der Kalkerde.

Wegen der raschen Auflösung des Humus durch den Kalk, heißt man den Kalkboden einen thätigen Boden. Wenn er fruchtbar sein soll, muß er viel Humus enthalten. Es muß daher auf diesem Boden nicht bloß für dichte Bewaldung, sondern auch für eine Holzart von dichtem Schluß und Blattrcichthum gesorgt werden und diesen Anforderungen entspricht die Rothbuche am besten, welcher auch der Kalkboden besonders zusagt.

Nächst dem Sande hat die Kalkerde die geringste Zusammenhängskraft und bildet demnach einen lockeren, leichten, der Wurzelausbreitung günstigen, wenig bindenden Boden, gestattet aber wegen ihrer feineren Vertheilung einen geringeren Luftwechsel, als der Sandboden, welchen jedoch eine Beimengung von Sand vermittelt.

Rücksichtlich ihres Verhaltens zur Feuchtigkeit hält die Kalkerde zwischen Kiesel- und Thonerde die Mitte und ist in dieser Beziehung im reinen Zustande der Vegetation nicht günstig. Sie faßt, je nach ihrer geringeren oder größeren Vertheilung, nur 25—40% ihres Gewichtes Wasser, welches sie durch Versenkung in die Tiefe und Verdunstung bald wieder verliert, und dabei besitz sie auch das Vermögen, Wasser aus der Luft anzuziehen, in sehr geringem Grade.

Von der Sonne wird die Kalkerde, nächst der Kiesel- und Thonerde, am wenigsten erwärmt, weil das aufgenommene Wasser nicht, wie bei der Thonerde, alles zu verdunsten braucht, sondern zu einem großen Theile in die Tiefe sinkt, sie verliert auch die Wärme nicht viel schneller, als der Sand, da sie wegen ihrer Trockenheit ein schlechter Wärmeleiter ist. Der Kalk bildet daher einen sogenannten heißen oder hüzigen Boden.

An und für sich bildet daher die Kalkerde einen trockenen, warmen, meist humusarmen, unfruchtbaren Boden. Eine hinreichende Beimengung von Thonerde und Humus vermag sie indessen zu einer der fruchtbarsten Bodenarten zu machen; so reicht hierzu schon ein Lehmgehalt von 30—40% hin, und eine Beimengung von 10% Lehm bildet damit bei einigem Humusgehalt einen mittelmäßig guten Waldboden.

Ist der Kalkboden mit so viel Thon und Sand gemengt, daß der Mergel. Gehalt an kohlensaurem Kalk 20% nicht übersteigt, so heißt er Mergel. Beträgt der Sandgehalt 60—70%, so nennt man das Gemenge sandigen Mergel. Steigt der Thongehalt auf 20—40%, so heißt es lehmiger, bei 50—60% thoniger Mergel. Die Mergelarten, namentlich aber der lehmige und thonige, bilden einen sehr fruchtbaren Boden, weil hier die Mergung in einem Verhältnisse stattfindet, in welchem die nachtheiligen Eigenschaften der einzelnen Gemengtheile sich gegenseitig aufheben.

Krocker, welcher auf Liebig's Veranlassung 7 verschiedene Arten Mergel untersuchte, fand darin:



ist, mit dem unterliegenden Boden gemengt werden. Grasarten über der Stauberde sind sorgfältig zu erhalten.

Abstringiren-  
der Humus.

Der abstringirende Humus oder Haideboden entsteht, wo bei der Verwesung gerbstoffreicher oder abstringirender Vegetabilien (weil sie einen abstringirenden oder zusammenziehenden Geschmack besitzen) der vorhandene Gerbstoff längere Zeit der Zersetzung widersteht. Dies geschieht aber nur bei gleichzeitiger Gegenwart von Harz und Wachs. Eichen- und Birkenhumus enthält daher kaum Spuren davon, wohl aber der von dem harzreichen Haidekraut, vom Rienporst, von den Alpenrosen u., wo der bis 12% steigende Gehalt des Bodens an Wachscharz die zersetzende Einwirkung der Luft auf den Gerbstoff hindert oder schwächt.

Ohne besondere Cultur gedeihen im Haideboden nur die Pflanzen, welche ihn erzeugen; bei gutem Untergrund auch die Eiche und Birke. Er wird durch Auflöckerung und Feuedüngung verbessert. Man verbrennt deshalb die Haide und überläßt den Boden einige Jahre der Ackerkultur, wonach er besonders der Kiefer entspricht.

Das Wasser  
als Bestand-  
theil des Bo-  
dens.

Das Wasser ist unter allen Bestandtheilen des Bodens der wichtigste. Es bildet einen Bestandtheil der Pflanze und alle Bodenbestandtheile, welche eine Nahrung der Pflanze bilden, sind dies nur durch das Wasser, nur im aufgelösten Zustande, sie alle sind ohne Wasser unfruchtbar und ihr Werth für die Vegetation beruht vor Allem auf ihrem Verhalten zum Wasser.

Das Wasser wird aber nicht allein als Nahrungsmittel und als Lösungsmittel für die übrigen Nahrungstoffe von den Pflanzen aufgenommen, sondern es ist auch unentbehrlich zur Entwicklung der Pflanzennahrung, es bewirkt durch Ausziehen gewisser Substanzen nicht bloß die Zersetzung der mineralischen Bodenbestandtheile, die Verwitterung der Gesteine, sondern es vermittelt auch die Zersetzung organischer Stoffe, die Verwesung.

So wohlthätig und unentbehrlich aber auch ein mäßiger Grad von Feuchtigkeit für die Beschaffenheit des Bodens ist, so nachtheilig wirkt ein Uebermaß derselben durch Abhaltung der Luft, wodurch es die Entwicklung der Pflanzennahrung aus den abgestorbenen Wurzeln im Torf- und Sumpfboden verhindert. Es wirkt auf die Wurzeln der Pflanzen, welche einen trockenen Boden verlangen, nachtheilig, auflösend und zersetzend ein; es verursacht ferner das Auffrieren des Bodens, wodurch es die Auflöslichkeit der Humusäure vernichtet, und macht durch die starke Verdunstung den Boden Kaltgründig.

Man unterscheidet feuchten und nassen Boden. Er heißt feucht, wenn er nur so viel Feuchtigkeit enthält, daß hierdurch der Luftzutritt nicht aufgehoben wird, naß dagegen, wenn alle Zwischenräume so mit Wasser ausgefüllt sind, daß die Luft vollständig abgeschlossen ist. Auf nassem Boden gedeihen nur wenige Holzpflanzen, wie Erlen und Weiden; der feuchte sagt allen zu.

Man unterscheidet ferner eine stehende (stagnirende) und wechselnde Bodenfeuchtigkeit. Erstere findet sich in der Nähe von Seen und

Flüssen, deren Wasserspiegel mit dem des Bodens in gleicher Höhe steht. Wechselnd feucht ist der Boden, welcher das durch Regen, Schnee, Anstimmungen und Überschwemmungen erhaltene Wasser durch Verdunstung oder Abfluß leicht wieder abgibt. Wechselnde Feuchtigkeit ist dem Boden nachtheiliger, als stehende, indem sie dem Boden seine auflösbaren Bestandtheile durch Auslaugen entführt; stehende Masse ist dagegen ungünstiger, als wechselnde, weil hier Luftzutritt nur durch Abfluß oder Verdunstung des Wassers möglich wird. Je nach dem geringeren oder größeren Wechsel der Feuchtigkeit oder Masse, heißt der Boden beständig und unbeständig feucht oder naß.

Der Boden heißt grundfeucht oder grundnaß, wenn er seine Feuchtigkeit aus der Tiefe oder aus benachbarten Gewässern, und luftfeucht oder luftnaß, wenn er seine Feuchtigkeit lediglich durch atmosphärische Niederschläge erhält. Luftfeuchter Boden ist günstiger als grundfeuchter, wenn das Klima feucht und die Bodenbestandtheile von der Art sind, daß sie die Erdkrume auch bei trockener Witterung lange feucht erhalten, indem das Luftwasser dem Boden zugleich Kohlensäure und Ammoniak zuführt; grundfeuchter Boden ist dagegen bei trockenem Klima und wenig wasserbindendem Boden fruchtbarer, da er so eine gleichförmigere Feuchtigkeit erhält.

Je nach den Bestandtheilen des Bodens, welche die Luftfeuchtigkeit anziehen, heißt er erd- oder humusfeucht, und wenn die Unterlage die Anziehung veranlaßt, gesteinfoucht.

Einteilung  
des Bodens  
nach Feuchtig-  
keit.

Nach dem Grade der Feuchtigkeit unterscheidet man:

- 1) **Naßen Boden**, wenn die oberste Erdschichte auch im Sommer durch den Druck mit der Hand das Wasser in Tropfen abgibt.
- 2) **Feuchten Boden**, wenn die Oberfläche das Wasser nicht mehr tropfenweise abgibt, aber der Boden nie über einen Zoll tief trocken wird, im Frühling die Pflanzlöcher Wasser ziehen.
- 3) **Feischen Boden**, wenn die Pflanzlöcher kein Wasser mehr ziehen, aber der Boden im Sommer nie über  $\frac{1}{2}$  Fuß tief abtrocknet.
- 4) **Trockenen Boden**, wenn er im Sommer eine Woche nach dem letzten durchnässenden Regen 1 Fuß und tiefer austrocknet.
- 5) **Dürren Boden**, wenn er schon in einigen Tagen so weit austrocknet.

Der naße Boden heißt **sumpfig**, wenn sich nach einem mäßigen Regen alle Vertiefungen mit Wasser füllen, so daß es in die Fußstapfen der Menschen und Thiere einquillt. Ist ein solcher Boden mit vielen ganz- oder theilweise zersehten Pflanzenresten gemengt und zeigt eine schwammige Consistenz, so heißt er **Bruch**, oder **Moorgrund**. Gewinnt eine solche Beimengung die Oberhand, so verwandelt sich der Boden in **Torf**.

Bruch, Moor-  
grund, Torf.

So unentbehrlich das Wasser als Lösungsmittel für die Nahrungsstoffe ist, welche die Pflanze aus dem Boden erhält, so wichtig ist die **atmosphärische Luft** als chemisches Agens für den Boden. Sie wirkt hier in dreierlei Beziehung; einmal unmittelbar, als Sauerstoff und Kohlensäure

Verhalten  
des Bodens  
zur Luft.

in die Pflanze übergehend, dann durch Drydation des Humus, um ihn assimilirbar zu machen, und endlich durch gleichzeitige Bildung von Kohlensäure aus dem Humus, welche ebenfalls von der Pflanze aufgenommen wird.

Die Aufnahme der atmosphärischen Luft vom Boden wird vermittelt 1) durch die Porosität desselben, 2) durch häufige Befenchung des Bodens vom Regen, und 3) durch die ungleiche Erwärmung der Luft des Bodens und der der Atmosphäre.

Alle Körper besitzen je nach ihrer Natur eine größere oder geringere Adhäsionskraft für Gasarten, wodurch sie sich ineinander selbst und in den tropfbaren Flüssigkeiten vertheilen, auflösen, bei den festen aber sich an der Oberfläche anhäufen, verdichten. So verdichtet ein Platinblech, wenn seine Oberfläche vollkommen gereinigt ist, Sauerstoff und Wasserstoff bis zu dem Grade, wo sie sich zu Wasser zu verbinden vermögen. Wird die Oberfläche der Körper durch Porosität vermehrt, so nimmt auch die Menge der durch sich verdichtbaren Luft zu (vgl. S. 149). Einer der porösesten Körper, die Kohle zeichnet sich vorzüglich durch diese Gasabsorption aus; ein Volum Birkkohle verschluckt 90 Volume Ammoniakgas, 55 Chlornasserstoffgas, 35 Kohlensäure und ebensoviel Sumpfgas, 9 $\frac{1}{2}$  Sauerstoff-, 7 $\frac{1}{2}$  Stickstoff- und 1 $\frac{1}{2}$  Wasserstoffgas. Der Boden wird also um so kräftiger die gasigen Stoffe: Kohlensäure, Sauerstoff, Ammoniakgas und demnach auch Wasserdunst aus der Luft anziehen, je lockerer und poröser er im Ganzen ist, je mehr poröse Bestandtheile in ihm vorwalten, und es nimmt in dieser Beziehung der Humus die erste Stelle ein. Obgleich die Holzkohle bei ihrer Unlöslichkeit keine nährenden Bestandtheile an die Pflanze abzugeben vermag, so hat sie sich doch nach den Versuchen von Lucas als besonders vortheilhaft für die Vegetation erwiesen und scheint insbesondere gewissen Pflanzen äußerst günstig zu sein, weshalb man auch auf verlassenen Kohlenwellern eine ganz bestimmte sich stets gleich bleibende Vegetation findet, wozu namentlich *Marchantia polymorpha* und *Funaria hygrometrica* gehören (vgl. auch S. 544 und 553).

Was den  
Luftwechsel  
im Boden  
bewirkt.

Wenn das Wasser der atmosphärischen Niederschläge den Boden erreicht, so dringt es in denselben ein, indem es die specifisch leichtere Luft daraus vertreibt. Es erhält sich indessen nur kurze Zeit daselbst, indem es theils in die dichteren Schichten versinkt, theils durch die Oberfläche verdunstet. Dadurch werden die Poren wieder offen und es dringt wieder Luft in dieselben ein. Die vom Boden und den Pflanzenwurzeln erschöpfte Luft wird demnach durch den Regen durch neue ersetzt. Die sichtliche Erfrischung der schwachtenden Pflanzen durch den Regen mag also nicht allein dem Erfasse der fehlenden Feuchtigkeit, sondern auch der Erneuerung der vom Boden angesogenen Luft zuzuschreiben sein.

Eine andere Veranlassung zum Luftwechsel im Boden ist die ungleiche Temperatur der Luft des Bodens und der der Atmosphäre. Der Boden leitet, namentlich im feuchten Zustande, die Wärme besser als die Luft. Die in den oberen Schichten des Bodens befindliche Luft, welche so vielseitig mit guten Wärmeleitern in Berührung steht, muß sich daher bei

Sonnenschein stärker erwärmen, als die außer dem Boden befindliche. Diese durch die Erwärmung specifisch leichter gewordene Luft wird sonach fortwährend durch neue kühlere, und sonach specifisch schwerere Luft verdrängt. Die Abkühlung, welche sowohl durch diese Lufterneuerung, als durch die Verdunstung des Wassers erfolgen müßte, wird fortwährend durch die Wärme der unteren Bodenschichten ausgeglichen, so daß die Temperatur der Luft des Bodens auch außer dem Sonnenschein immer über der der äußeren Luft bleibt.

Auch die Tiefe des Bodens ist sehr verschieden, und es paßt daher auch in dieser Beziehung nicht jeder Boden für alle Pflanzen. Ein Boden von weniger als 3 Zoll Tiefe ist für die künstliche Production der größeren Pflanzen, wie der Bäume, ganz untauglich und vermag nur kleinere Pflanzen, wie Gräser, Moose, Flechten u. zu ernähren, bis endlich beim Mangel an Krume alle Vegetation aufhört.

Tiefe des Bodens.

Man stellt nach der Tiefe gewöhnlich folgende Eintheilung auf: Sehr tief, über 12"; tief von 9—12"; mitteltief von 6—9"; leicht von 3—6" und sehr leicht 1—3".

Die für Holzgewächse erforderliche Bodentiefe ist sehr verschieden und erstreckt sich bei manchen auf 4—6 Fuß. Die Wurzeln der Kiefer, Eiche u. gehen in die Tiefe, während sich die der Buche, Fichte u. mehr in der Oberfläche des Bodens ausbreiten. Erstere verlangen daher einen tieferen Boden, als letztere. Erstere wachsen auf flachem Boden kümmerlich und sterben frühe ab, während letztere in demselben ein hohes Alter erreichen.

Einfluß der Bodentiefe auf den Waldbau.

Dem tiefen Waldboden ist eine größere Stammzahl, ein dichter Bestand und Schluß eigen, weil die Wurzeln selbst der flachwurzelnden Holzarten in die Tiefe gedrängt werden und sich gegenseitig nicht in dem Grade hindern, als wenn sie durch Flachgründigkeit auf die wagerechte Ausbreitung beschränkt sind. Daher stellen sich auf flachem Boden die Bestände weit früher licht.

Die Nachteile des leichten Bodens werden um so auffallender, je älter die Bäume werden, je größeren Raum sie bei zunehmendem Alter bedürfen. Sie treten dagegen um so weniger hervor, je mehr Nahrungsstoffe die darauf gezogene Holzart geeignet ist, der Luft zu entnehmen. Buche, Fichte und Kiefer stehen hierin allen anderen Holzarten voran, und wenn letztere einen tieferen Boden verlangt, so liegt dies allein an ihrer Wurzelbildung.

Die Bodentiefe hängt ab von den zur Verwesung bereit liegenden Pflanzenabfällen, von der Verwitterbarkeit des unterliegenden Gesteins und von der Höhe und Form der Berge und Ebenen.

Ursachen der Bodentiefe.

In gut bestandenem, geschlossenem, gegen Streubezug geschützten Waldern finden sich die reichlichsten Abfälle und der tiefgründigste Boden.

Alle schwer verwitterbaren Gesteinsarten haben über sich eine leichte Krume, wenn derselben nicht eine beträchtliche Menge verwesender Pflanzenstoffe zu Hilfe kommt.

Bei einer Neigung von mehr als 40 Graden sind die Felsen von Erde und Rasen entblößt und nur von Flechten und Moosen bedeckt. Die durch Verwitterung aus den Felsen gebildete Erdkrume vermag sich nicht zu erhalten und sinkt schon nach dem Geseze der Schwere, noch mehr aber durch Schnee, Regen und Wind ins Thal hinab, oder in Unebenheiten und Spaltungen der Felswände. Nur an diesen können sich dann zuerst Pflanzen höherer Art ansiedeln, man sieht daher Berghänge horstweise mit Holzpflanzen bewachsen, die so steil sind, daß sich daran keine Grasnarbe zu bilden vermag. Je geringer der Neigungswinkel, um so mehr wird die Bodenbildung gefördert. In Thälern vermehrt sich die Bodentrume noch bedeutend durch die von den benachbarten Bergen durch Regengüsse abgeschwemmte Erde.

### Einfluß der Bodenbestandtheile auf den Holzwuchs.

Die Einwirkung der Bodenbestandtheile auf die Vegetation ist sowohl eine unmittelbare, als mittelbare.

Unmittelbare  
Einwirkung  
der Bodenbe-  
standtheile  
auf den Holz-  
wuchs.

Die unmittelbare besteht darin, daß die Bodenbestandtheile selbst den Pflanzen zur Nahrung dienen, wie bereits oben gezeigt wurde. So wie es eine in der Landwirthschaft bekannte Thatfache ist, daß Schwefelsäure und Gyps besonders den Hülsenfrüchten, Kiesel-erde besonders den Gräsern, unter letzteren aber wieder dem Weizen mehr der Kalk zusagt, so bedürfen unter den Holzarten Kiefer, Eiche und Birke mehr der Kiesel-erde, sie gedeihen in einem armen Sandboden, wie z. B. in dem der Lüneburger Heide noch ganz gut, während sie in reinem Kreideboden, dem die Kiesel-erde oft ganz fehlt, nicht gut fortkommen. Buchen gerathen nur, wo sie Kalk und Thon finden, auch die Ahorne und Kirschen kann man zu den Kalkbäumen zählen, wenn es auch unter den Bäumen keine so bodenstete für den Kalk gibt, wie unter den krautartigen Gewächsen. Diese Vorliebe für den einen oder anderen Bodenbestandtheil gibt sich auch gewissermaßen schon aus den Aschenbestandtheilen der Hölzer zu erkennen. Indessen scheint nicht gerade immer der vorwaltende Bestandtheil der Asche mit dem des Bodens übereinzustimmen, auf welchem eine Holzart vorzugsweise gedeiht. So zeigt die Asche der Kiefer, welche ein eigentliches Sandholz ist und auf Kalkboden weit weniger gedeiht, einen nur unbedeutenden Gehalt an Kiesel-erde, einen beträchtlichen dagegen an Kalk- und Kalkerde.

Mittelbare  
Einwirkung  
der Bodenbe-  
standtheile  
auf den Holz-  
wuchs.

Dieser scheinbare Widerspruch findet seinen Grund in der mittelbaren Einwirkung der Bodenbestandtheile auf die Vegetation. Sie besteht in einer gegenseitigen Einwirkung der Bodenbestandtheile auf einander selbst, in ihrem Verhalten zur Luft und zum Wassergehalte derselben, zu Wärme und Licht u. Das Voralten des Sandes macht den Boden trocken, der Thon feucht, bei mäßiger Menge frisch, namentlich als Untergrund. Die Kalkerde macht in überwiegender Menge den Boden leicht trocken, weil sie das Wasser durchläßt, doch wird dies wieder bedeutend dadurch gemindert, daß sie viel Feuchtigkeit aus der Luft anzieht.

Gruschauer hat indessen gezeigt <sup>1)</sup>, daß man diese scheinbare Anomalie, Pflanzen auf Gebirgsarten, denen sie nicht eigenthümlich angehören, z. B. kalkstete Pflanzen auf Gneis und Glimmerschiefer und dem Thonschiefer u. angehörige Pflanzen auf Kalkboden wachsen zu sehen, nicht ausschließ- lich den physikalischen Eigenschaften des Bodens zuschreiben dürfe, welche bei zwei Bodenarten trotz ihrer chemischen Verschiedenheit gleich sein können, denn unterwirft man solche Pflanzen einer Untersuchung, so findet man, daß ihre anorganischen Bestandtheile noch immer im Einklange stehen mit jenen, welche sie auf dem ihnen entsprechenden Boden enthalten, und es zeigt sich auch, daß die Gebirgsarten, welche durch Verwitterung ihnen den Boden lieferten, stets die von ihnen benötigten anorganischen Bestandtheile enthalten (Die analytischen Nachweise vgl. a. a. D.).

Ein lockerer Boden, welcher in seinen Zwischenräumen viele Luft ent- hält, erwärmt sich schwer, man nennt ihn daher **Kalt**, wie z. B. den **Kiesboden**. Noch kälter wird er, wenn er viel Wasser aufnimmt und fest- hält, oder auf seinem Untergrunde viel Wasser sich ansammelt, was bei seiner Verdunstung dem Boden viele Wärme entzieht. Die mehr oder weniger rauhe Oberfläche verleiht dem Boden ein größeres oder geringeres Wärmeausstrahlungsvermögen, ebenso auch seine Farbe, dunkle Färbung macht, daß er mehr Licht absorbiert und in Wärme verwandelt, als eine hellere Farbe. Der Boden heißt daher **warm**, wenn er das Wasser leicht durchläßt, wenn seine Bestandtheile die Wärme gut leiten und durch eine dunkle Farbe leicht aufnehmen, wie der trockene Sandboden, der sandige Lehm Boden, der schwarze lehmige Kalkboden und der humose Boden. Der Humus erwärmt den Boden außer seiner dunklen Farbe auch noch durch den fortwährenden Fäulnißprozeß. Auch die günstige Wirkung der Kohle auf die Vegetation beruht zum Theil hierauf.

Kalter Boden.

Warmer Boden.

**Hitzig** ist der Boden, welcher nicht bloß die Wärme schnell aufnimmt, sondern dieselbe auch langsam wieder abgibt, das Wasser rasch wieder verdunsten läßt und die Wärme gut leitet, so, daß sich die aufgenommene Wärme leicht in die Tiefe fortpflanzt. Es gehört hierher der Sand-, Grand-, Kalk- und Kreideboden. Der Boden aus reinem Quarzsand mit durchlassendem Untergrunde ist unter allen Bodenarten die heisseste, indem er sich in der Sonne sehr stark erwärmt und die aufgenommene Wärme nur langsam wieder ausstrahlt. Auch Neigungswinkel und Lage können die Hitze des Bodens vermehren, je nachdem sie ein senkrechtcs Auffallen der Sonnenstrahlen bewirken.

Hitziger Boden.

Durch die im Boden fortwährend stattfindenden chemischen Prozesse, wie die allmälige Zersetzung der verschiedenen Mineralien und abgestorbenen Pflanzen, der Vegetationsprozeß u. wird in demselben, wie bereits oben (S. 484) angegeben wurde, eine so bedeutende Menge von Electricität ent- wickelt, daß man sich derselben wie der aus einer kräftigen galvanischen Batterie entwickelten zu physikalischen Experimenten bedienen kann.

Verhalten der Boden- bestandtheile zur Electricität.

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. 59. 1846. S. 198—208.

Was die Leitungsfähigkeit der verschiedenen Bodenbestandtheile betrifft, so verhalten sich im trockenen Zustande Sand, Kalk, Thon und Gyps als Nichtleiter der Elektrizität, die Thonarten als Halbleiter und die zusammengefügten thonartigen Erden als schwache Halbleiter. Die Feuchtigkeit, welche in allen Thonarten vorkommt, scheint davon die Ursache zu sein<sup>1)</sup>.

6-344-9 266  
E:306.5.

Von großem Einflusse auf die Vegetation ist ferner die Cohäsion des Bodens, seine Bindigkeit oder Lockerheit, und was damit gewöhnlich in Verbindung steht, seine Ausdehnung und Zusammenziehung. Der Boden heißt **locker**, wenn er sich leicht bearbeiten und zertrümmen läßt, und dabei sehr an Volumen zunimmt, **bindig** oder **schwer** dagegen, wenn er bei trockenem Wetter fest zusammenbäckt. Die Bindigkeit des Bodens wird hauptsächlich durch den Thongehalt bedingt.

Der lockere Boden gestattet den Luftzutritt zu den Wurzeln und die leichte Ausbreitung derselben im Boden, während der feste Boden beide verhindert. Der lockere Boden dunstet zwar stärker aus, zieht aber auch leichter wieder Feuchtigkeit aus der Luft an. Es wird deshalb anhaltende Trockenheit dem lockeren Sandboden weniger verderblich, als dem strengen Lehm Boden. Für den festen Boden eignen sich Holzarten mit starken, sich nicht weit verbreitenden Wurzeln, wie Eichen, Ulmen, Eschen etc., als die mit flach und weit auslaufenden Wurzeln, wie Espen und Weiden. Der lockere Boden nimmt wie der feste durch Wasseraufnahme an Volumen zu, aber beim Austrocknen zieht er sich gleichmäßig zusammen, während der thonhaltige Boden dabei durch ungleiche Zusammenziehung Risse und Sprünge erhält und sich dadurch von den Wurzeln zurückzieht, sie entblößt, oder die harten Wurzelfasern zerreißt, was besonders für junge Pflanzen sehr nachtheilig werden kann.

Ein zu lockerer Boden kann dagegen auch nachtheilig werden. Er gewährt den Bäumen wegen zu leichtem Austrocknens keinen festen Stand und neigt sich wegen großer Wasseraufnahme leicht zum Auffrieren. Der lockerste Boden ist der humose, aber auch der kalkreiche kann sehr locker sein. Die zu große Lockerheit kann durch Festwalzen, Belegen mit Steinen und Verasung in der Waldeultur beschränkt werden.

Eintheilung  
des Bodens  
nach Cohäsion

Auf den Grad des Zusammenhanges gründet man folgende Eintheilung des Bodens:

**Leichter Boden**, alle Bodenarten mit vielen größeren Theilen, oder vielem Humus.

**Lofer Boden**, elastischer, bei Regenwetter stark aufquellender, besonders dem Auffrieren ausgesetzter entwässerter Torf-, Moor- und Bruchboden.

**Bindiger, fester, oder geschlossener Boden**, von mittler Zusammenhangskraft, wie der feinkörnige, lehmige Sandboden, der grobkörnige, sandige Lehm Boden, der Kalk- und Mergelboden.

1) Vgl. auch Putsch's allgem. Encyclopädie d. Land- und Hauswirthschaft. IX. B. 36 und Hartig's forstl. Conversations-Lexikon S. 220.

**Schwerer Boden**, welcher sich bei Dürre nur mit Anstrengung umpflügen läßt (denn nach der Bearbeitung hat er seinen Namen) und dabei fest zusammenhängende Schollen bildet, wie der Fluß- und Seemarschboden, der feintörnige, mergelige Thonboden und der sehr feintörnige Lehm Boden (Lettenboden).

**Starrer Boden** (Klay) kann nur mit sehr starker Anstrengung bearbeitet werden, gibt dabei große harte Schollen und bleibt im nassen Zustande an die Ackerinstrumente. Alle feintörnigen, humus- und kalkarmen Thonbodenarten gehören hierher.

**Schmierig oder schlüpfrig** heißt der Boden, wenn er beim Pflügen glänzende Streifen bildet, wie der nasse feine humushaltige Thon.

Nach seinem Verhalten zum Humus und zur Entwicklung der Pflanzennahrung heißt der Boden:

Einteilung  
des Bodens  
nach Thätig-  
keit und Wir-  
kung.

**Überthätig oder hitzig** (vgl. auch S. 553), wenn die Zersetzung in demselben zu rasch erfolgt, wie im trockenen, luftreichen Sandboden und im Kalkboden. In solchem Boden leiden die Gewächse entweder durch Übermaß von entwickelter Nahrung, oder durch die schnelle Erschöpfung derselben bei der nutzlosen Verflüchtigung von Kohlensäure und Ammoniak.

**Thätiger Boden**, wenn die Zersetzung des Humus in einem der Vegetation günstigen Grade erfolgt durch gehörige Lockerheit und Gegenwart von alkalischem Bestandtheilen, Humus und Feuchtigkeit, wie dies beim lehmigen Sand, sandigen Lehm, Lehmmergel und Kalkboden der Fall sein kann.

**Fetter Boden** heißt er bei vielem Humus und guter mineralischer Zusammensetzung.

**Träger Boden**, wenn der Humus nicht in hinreichender Menge zersetzt wird, oder unvollkommener, kohliger Humus entsteht, wegen Mangel an Luftzutritt und Alkalien und Mangel oder Übermaß an Feuchtigkeit, wie im strengen Thonboden, in allen nassen Bodenarten, im Haideboden und der Stauberde.

**Todter oder tauber Boden**, wenn wegen Mangel oder Unlöslichkeit des Humus, wegen zu großer Kälte oder Trockenheit gar keine Culturpflanzen gedeihen, wie im Torfboden, in manchem Geröllboden, im Flugsande u. Der humusarme trockene Boden heißt auch **magerer Boden**.

Mit der Thätigkeit steht auch die Eigenschaft des Bodens in Verbindung, daß er zehrend, hungrig oder bedürftig ist.

**Zehrend** heißt der Boden, wenn der Humus sich darin rasch zersetzt und die daraus gebildete Humussäure, oder die humusfauren Salze durch Wasser ausgelaugt und in die Tiefe geführt oder ausgewaschen werden, oder der Humus größtentheils als Kohlensäure entweicht (verflüchtigt). Der trockene Sandboden ist daher zehrend, ebenso der Kalk- und Kreideboden an Berghängen.

**Hungrig oder bedürftig** heißt der Boden, wenn er viel Thonerde oder Eisenoxyd enthält, welche große Mengen von Humussäure binden und dadurch der Ernährung der Pflanzen entziehen, so daß dieselbe stets in



großer Menge ersetzt werden muß, um für die mehr assimilabaren humus-sauren Salze hinzureichen.

Einteilung  
des Bodens  
nach den Ge-  
wächsen,  
welche darauf  
gedeihen.

Als Culturland kann man den Boden, wie in der Landwirtschaft in Weizen-, Roggen- und Gerstenboden u., auch in der Forstwirtschaft nach den Gewächsen einteilen, welche vorzugsweise darauf gedeihen. Denn es gibt Sandboden (der trockene), worauf die Kiefer allen übrigen Holzarten so sehr im Wuchse überlegen ist, daß man ihn mit „Kiefernboden“ bezeichnen kann, den steinigten und Felsboden im Gebirge als „Fichtenboden“; es gibt Kalkboden, der aus gleichem Grunde den Namen „Buchenboden“ verdient. Der sandige Lehm Boden mit Kies ist der „Birkenboden“, der feuchte, lehmige, humusreiche Sandboden mit flachem Wasserpiegel der „Hainbuchenboden“ u.

Doch möchte die Aufstellung solcher Bezeichnungen hier mehr Schwierigkeiten darbieten, als in der Landwirtschaft, weil der Landwirth jährlich das Resultat von der Productionskraft seines Bodens erhält, während die forstlichen Ernten so weit auseinander liegen. Dann scheinen auch wirklich die Forstgewächse im Allgemeinen weniger an die mineralische Beschaffenheit des Bodens gebunden zu sein, als die meisten Culturgewächse der Landwirtschaft. Doch kann hier die Zukunft bei gehöriger Berücksichtigung der Bodenbestandtheile und der übrigen hierher gehörigen Verhältnisse noch Manches leisten.

#### Verhalten des Bodens nach dem vorwaltenden Bestandtheile.

Da also nicht bloß die chemischen, sondern auch die physikalischen Eigenschaften des Bodens größtentheils von dem Mischungsverhältnisse seiner Bestandtheile abhängig sind, von denen die Kiesel Erde, der Thon, der Kalk, der Humus, auch wohl das Eisen die wichtigsten sind, so werden die Bodenarten ganz zweckmäßig nach ihren vorwaltenden Bestandtheilen bezeichnet.

Sand, Kies  
und Gestein.

Das bloß in Stücke zerkleinerte Gestein, aus dem sich die einzelnen Bestandtheile noch nicht durch Verwitterung ausgeschieden haben, kann an und für sich noch nicht als Boden betrachtet werden, da es keine Pflanzen hervorbringt.

Je mehr die Gesteine durch mechanische Zertrümmerung zerkleinert sind, desto eher vermögen sie einen Boden zu bilden. Man kann daher den Schlamm der Kunststraßen schon als wirklichen Boden betrachten, wenn dieselben nicht aus einfachen Fossilien, wie Kalk- oder Kieselsteinen, sondern aus günstig gemengten Gesteinen, wie Granit u. dgl. erbaut sind, obgleich dieselben noch keine chemische Zersetzung — Verwitterung —, sondern nur eine mechanische Zerkleinerung erlitten haben.

Je größer dagegen die Steintrümmer sind, desto weniger sind sie geeignet, Gewächse zu erzeugen, weil aller an ihrer Oberfläche erzeugter Humus durch die großen Zwischenräume in die Tiefe hinabgeschwemmt und die Wurzel ausbreitung gehindert wird. Doch können in feuchten Klimaten auch selbst noch auf größeren Kollsteinen schöne Holzbestände entstehen,

wenn sich die Oberfläche erst einmal mit einer dichten Moosdecke überzogen hat, welche viele Feuchtigkeit aus der Luft anzieht, wodurch die Zersetzung der Gesteine befördert und durch Verbindung der verwitterten Theile mit dem entstehenden Humus allmählig ein wirklicher Boden gebildet wird. Die Samen keimen in der Moosdecke und ihre Wurzeln finden dann an den Oberflächen der Gerölle die erforderliche Nahrung, während mit ihrem Erwachsen sich auch allmählig die nöthige Ausfüllung derselben mit Humus ergibt.

Nach der Größe der Gesteine macht man in ihrer Benennung folgende Unterschiede:

Wenn dieselben die Größe einer Wallnuß überschreiten, so heißen sie **Steine**, sind sie dabei abgerundet, **Kollsteine**, **Gerölle**, **Geschiebe**.

Was Wallnuß- bis Bohnengröße hat, heißt **Kies**. Gesteine von Kies, Grand, Grus. Erbsen- bis Bohnengröße heißen **Grand**, **Grus**- oder **Perlsand**. Vom Kies und Grand ist derjenige der unfruchtbarste, welcher durch Zerstörung von quarzreichem Granit, oder anderer viele große Quarzkörner enthaltenden Conglomerate entstanden ist und noch auf seiner Entstehungsstelle liegt. Es ist dann fast immer ein undurchlassender Untergrund von noch unzerstörtem Gestein vorhanden. Sind die feineren, zur Bodenbildung tauglichen Bestandtheile ausgewaschen, so daß die reinen Quarzkörner zurückblieben, so ist dies auch kaum ein Boden zu nennen, weil sie kaum vegetationsfähig sind. Besser ist der Kies, wenn er nicht aus bloßem Quarz, sondern auch aus anderweitigen Gemengtheilen besteht. So bildet der lehmige Kies noch einen ziemlich guten Boden für die Birke, wenn er nicht humusarm ist, weniger für Kiefern.

Trümmer der Gebirgsmassen von weniger als etwa einer halben Linie Sand. Durchmesser heißen **Sand**. Man unterscheidet davon folgende Arten:

**Grober Sand:** Die Körner haben etwa  $\frac{1}{2}$  Linie Durchmesser, ungefähr die Größe der Hühnerschrote, oder Hanftorn- bis Linsengröße.

**Feiner Sand, Mehl-, Mahl- oder Quellsand.** Die Körner haben etwa  $\frac{1}{4}$  Linie Durchmesser, sie lassen sich durch das Gefühl noch gut unterscheiden. Er wird vom Winde nicht gehoben, aber starke Quellen bringen ihn aus der Erde mit hervor und halten ihn durch ihre Kraft in Bewegung. Daher der Name Quellsand. Im trockenen Zustande mahlt oder mählt er unter den Füßen, daher die anderen Namen.

**Flugsand.** Seine Körner haben oft kaum  $\frac{1}{10}$  Linie Durchmesser und lassen sich durch das Gefühl nicht mehr unterscheiden. Er bildet eine fast staubartige Masse. Ohne bindende Theile wird er vom Winde leicht gehoben und entführt. Um dies zu verhindern, erhält man jeden Pflanzenüberzug, auch wenn er aus Unkräutern besteht, sorgfältig. Wo aber keiner vorhanden ist, pflanzt man Gewächse mit sehr langen, tiefen und kriechenden Wurzeln an, wie Quecke *Triticum repens*, Sandriedgras *Carex arenaria*, Haargras *Elymus arenarius*, Sandweide *Salix monandra*. Die Wurzeln derselben halten den Sand zusammen, das Laub hindert die zu rasche Austrocknung und der durch Verwesung entstehende

Humus bindet den Flugsand noch mehr und liefert endlich einen ganz tauglichen Boden für Gewächse, welche auf Sandboden gedeihen, wie Kiefern und Birken. Die Saat ist zu bedecken, am besten mit nach dem Winde gerichteten Zweigen. Wo alles dies nicht hinreicht, wären in entsprechenden Entfernungen Flechtzäune anzulegen, wodurch der Flugsand zum Stehen gebracht wird.

Nach dem Gesteine, aus welchem der Sand entstanden ist, unterscheidet man:

**Quarzsand.** Quarzsand. Er kommt, weil er am wenigsten verwitterbar ist, am häufigsten vor, bildet in vorherrschender Menge den Quarzsandboden, findet sich besonders in den Meeresniederungen, ferner über dem Quarzsandstein, woraus er durch Zerfallen desselben entsteht, und als jüngste Bildung in den aufgeschwemmten Flußthälern. Bei seinem Vorherrschen ist der Boden trocken bis ganz unfruchtbar.

**Kalksand.** Der Kalksand kommt zwar nicht selten, aber doch bei Weitem nicht so häufig vor, als der Quarzsand, und nur in Gegenden, deren Bodentrueme durch Verwitterung von Kalkgebirgen entstanden ist. Er unterscheidet sich vom ersteren durch seine Auflöslichkeit in Säuren unter Aufbrausen. Seine Auflösung und Verwitterung erfolgt schneller, als beim Quarzsand, er absorbiert leichter die Gase und Feuchtigkeit. Auch er bildet für sich keine fruchtbare Erde, bedarf aber hierzu weit weniger erdige Theile, als der Quarzsand.

Sand von  
anderen  
Gebirgsarten

Der Sandboden von anderen Gebirgsarten, welche Feldspath, Glimmer, Mergel und andere Fossilien als Gemengtheile enthalten, besitzt im Allgemeinen eine größere Fruchtbarkeit, als Quarz- und selbst reiner Kalksand, weil durch die schnelle Verwitterung dieser Gebirgsarten sowohl der Mangel an wasserhaltender Kraft verschwindet, als auch die übrigen pflanzennährenden Stoffe aufgeschlossen werden.

Die feinen Staubtheile des Bodens, welche sich durch Schlemmen vom Sande und Gerölle trennen lassen, sind in der Regel viel zusammengefügter, als die letzteren. Sie bestehen aus den verschiedenartigsten Fossilien und Pflanzenstoffen, welche theils chemisch, theils mechanisch mit einander verbunden sind. Sie geben dem Boden Bindigkeit und die Fähigkeit, Wasser aufzunehmen und zu halten, sie enthalten die Nahrungstoffe der Pflanzen, oder sind diese selbst.

Einfluß des  
Sandes und  
Kieles auf die  
Beschaffen-  
heit des Bo-  
dens.

Der Einfluß des Sandes und Kieles auf die physischen Eigenschaften des Bodens ist verschieden, je nachdem dieser eine mehr bindige oder lockere Beschaffenheit besitzt.

Sie mindern den Zusammenhang sehr bindiger Bodenarten und machen sie für Luft und Wasser zugänglicher, begünstigen die Wurzelverbreitung, erhöhen die Erwärmungsfähigkeit und vermindern die wasserhaltende Kraft.

Einem leichten, lockeren Boden dienen besonders die gröberen Gesteine als Beschwerungs- und Befestigungsmittel, schügen dessen fernere

Gemengtheile gegen das Verwehen durch Winde und das Verschweben durch Wasser und verhindern eine zu rasche Austrocknung.

Daß der Einfluß der Gesteine auf den Boden nach der Größe ihres Kornes und nach ihrer Menge verschieden sein muß, ergibt sich von selbst.

Das wasserhaltende Vermögen des Sandes nimmt zu mit der Feinheit des Kornes und umgekehrt, weil feiner Sand dem Wasser eine größere Fläche zur Anhaftung darbietet, als grober. Es vermindert daher dasselbe Gewicht groben Sandes die wasserhaltende Kraft eines thonigen Bodens mehr, als ein gleiches von feinem Sand. Obgleich der Letzten 80 bis 70 % Sand enthält, ist er dennoch sehr undurchlässig, weil der Sand derselben sehr fein ist.

Der feine Sand bietet aber nicht bloß dem Wasser, sondern auch dem Thon mehr Anhaftungsfläche dar. Ein feinsandiger Thonboden ist daher viel dichter und fester, zur Zusammenziehung beim Austrocknen geneigter und dem Versinken des Wassers hinderlicher, als ein grobsandiger von derselben Bindigkeit.

Nicht alle Gebirgsarten zeigen ferner eine gleich starke Anhaftung zum Wasser, und also auch der daraus entstandene Sand nicht. Dieselbe Menge Sand und Brocken von Thonschiefer oder Thonsteinsporphyr wird daher eine andere Wirkung haben, als solche von Quarz oder Kalkstein. Dunkelfarbige Körper werden stärker erwärmt, als helle. Sand und Brocken von Basalt, von schwarzem Thon- und Kieselstiefen müssen demnach mehr zur Erwärmung des Bodens beitragen, als weißer Quarz. Humose, leichte Bodenarten, welche sich beim Austrocknen auflodern, werden durch eine Beimengung von Sand wesentlich in ihren physikalischen Eigenschaften verbessert.

Steine, welche zum Theil dicht unter der Oberfläche liegen, zum Theil daraus hervorrageu, oder den Boden bedecken, unterbrechen den Zusammenhang thoniger Bodenarten und verhindern das gleichförmige Austrocknen zum geschlossenen Ganzen. Sie unterhalten nämlich einen ungleichen Feuchtigkeitszustand. Unter den Steinen erhält sich die Feuchtigkeit länger, als über denselben, wenn sie feicht unter der Oberfläche liegen, und am schnellsten verdunstet sie im Umkreise derselben. Sie erhalten also einen bindigen Boden locker, können aber auch einen lockeren, lösen durch Verschwerung befestigen, und vor schneller Austrocknung und namentlich an Abhängen vor Abschwemmung schützen. Zwischen den Steinen solcher Abhänge lagert sich im Gegentheile noch das von der Höhe Herabgeschwemmte, namentlich Humus und unzersehte organische Überreste ab.

Einfluß der Steine auf die Beschaffenheit des Bodens.

Von besonderer Wichtigkeit sind aber der Sand und die Steine als die Quelle der veränderlichen Bestandtheile des Bodens (vgl. S. 532), indem sie vermöge ihrer feineren Zertheilung und näheren Berührung mit der Luft der Verwitterung weit früher unterliegen, als die zusammenhängenden Gesteinmassen des Untergrundes.

Ein Bodengemenge, welches aus 80 — 90 % Sand und 20 % ab- Sandboden.  
schwemmbarer erdigen Theilen besteht, heißt Sandboden. Der Sand ist

gewöhnlich Quarzsand, häufig mit Glimmerblättchen gemengt, seltener mit kleinen Feldspathkörnern.

Nach seinen physikalischen Eigenschaften ist der Sandboden dem Thonboden gerade entgegengesetzt. Er läßt Luft und Wasser ohne Hinderniß eindringen. Dieser ungehinderte Luftwechsel nebst der geringen Anhaftung zum Wasser und der starken Erwärmung durch die Sonne begründen sein Hauptgebrechen, die geringe Zurückhaltung der Feuchtigkeit. Bei anhaltender Trodne hindert die anhaftende Luft das Eindringen des Wassers in den staubartigen Boden. Daher ein vorübergehender Regen abläuft, ohne ihn befeuchtet zu haben.

Von der Sonne wird er leicht und stark erwärmt, der Winterfrost verläßt ihn bald und die Vegetation beginnt früh. Dafür ist er auch den Spätfrösten am meisten ausgesetzt. Er muß frühzeitig bepflanzt werden, um die Winterfeuchtigkeit zu benutzen.

Verschieden-  
heit des  
Sandbodens.

Übrigens umfaßt der Ausdruck Sandboden eine unendliche Menge von Bodenverschiedenheiten vom gänzlich unfruchtbaren bis zu dem, worauf noch fast alle Holz- oder auch andere Pflanzenarten vollkommen gedeihen.

Vor Allem ist der Sandboden, welcher dem Meeresboden angehört und wahrscheinlich zusammengeschwemmt ist, von dem zu unterscheiden, welcher noch auf dem Gesteine liegt, aus welchem er entstand. Aus dem Meeresande sind die löslichen und feineren Theile, wie Kali, Natron, Kalk, Thonerde mehr ausgewaschen, als aus dem noch an der Entstehungsstelle liegenden. Letzterer kann daher ganz fruchtbaren Boden bilden, wenn das Bindemittel der Gesteine eine günstige Zusammensetzung hatte, wie bei den Fluren zwischen der Elbe, Saale, dem Harz und der Braunschweiger Grenze, in Thüringen zwischen dem Harz und der Hainleite u. Aus demselben Grunde sind die Sandgegenden in Mitteldeutschland und am Rhein im Allgemeinen fruchtbarer, als in den östlichen Provinzen von Preußen. War dagegen das Bindemittel des Gesteins schlecht, so kann solcher verwitterter Sandboden noch schlechter sein als der Meeresboden, weil da oft die bloßen Quarzkörner ganz flach auf dem festen oder wenig zerklüfteten Gesteine daliegen.

Der Sandboden, welcher von Sandsteinfelsen abgspült, sich in geringer Tiefe über den besseren Lehm Boden hingelagert hat, wie häufig am Fuße der Gebirge, ist für den Ackerbau sehr schlecht, für die Holzzucht dagegen oft sehr günstig, weil die Wurzeln der Bäume den unteren guten Boden erreichen können.

Das Holz wächst im Anfange auf dem Sandboden schnell, läßt jedoch frühzeitig im Buchse nach, weshalb sich ein kurzer Umtrieb auf demselben um so mehr rechtfertigt, je ärmer er ist. Die Verbindung des Ackerbaues mit der Holzcultnr darf darauf nur mit großer Vorsicht und auf kurze Zeit stattfinden, weil eine nutzlose Humusconsumtion bei dem starken Luftzutritt und Mangel von Basen ohnedies hier sehr bedeutend ist. Von großem Nachtheil ist deshalb auch das Bloßliegen. Doch kann auch leicht ein zu dichter Schluß nachtheilig werden, weil sich der Kampf der dominirenden

Pflanzen mit den unterdrückten weit langsamer entscheidet, als auf einem reicheren Boden. Das größte Übel ist für diesen Boden das Streurechen. Den schädlichsten Forstinsekten scheint der ärmste Sandboden gerade am meisten zuzusagen.

Die Natur scheint auf den Sandboden die tiefwurzelnden Bäume angewiesen zu haben, da seine nährenden Theile leicht in die Tiefe gespült werden und derselbe an der Oberfläche bald austrocknet.

Auf dem Sandsteinboden und dem fruchtbaren Meeressand kommt unter allen Bäumen, welche größere Bodenkraft in Anspruch nehmen, die Eiche am besten fort, weit weniger die Buche, und nur wo der Boden humusreich genug ist; noch weniger Horn, Esche, Ulme, Eisbeere, Weißtanne u. Auch die Hainbuche zeigt nur einen geringen Wuchs, die besseren Sandsteingebirge haben noch einen mittelmäßigen Fichtenwuchs, für die schlechteren paßt nur die Kiefer in kurzem Umtriebe.

Der Meeressand taugt nur für Kiefern, wenn er nicht humusreich ist, unter den Laubhölzern nur für Birken und Acacien, der etwas weichere für Birken, Eichen und Ebereschen. Der feuchte Sand ist die eigentliche Heimath der Weiden, mit Ausnahme der Saalweide, welche mehr dem Kalk- und Lehm Boden angehört. Der humusreiche liefert auch noch Schwarzerle und Schwarzpappel.

Das Holz des trockenen Sandes ist gewöhnlich feinjählig, astrein und, wenn es im Schlusse stand, spaltig, aber von geringer Zähigkeit und Elasticität, die Eiche auch von geringer Brenngüte und Dauer.

Günstig wirkt es auf die Vegetation, wenn der Untergrund viel Glimmer sand enthält, wie häufig im Diluvium. Der Glimmer liefert den Pflanzen bei seiner allmählichen Verwitterung Kali, Talk, Kalk und andere Nahrungstoffe. Ähnlich verhält sich ein feldspathreicher Sand.

Dem Sandboden fehlen alle Pflanzen, welche viel Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Chlor, Kali, Natron, Kalk und Talk zu ihrer Nahrung bedürfen, wie die Leguminosen, er erzeugt vorzugsweise Moose, Flechten, Niedgräser und Rohrarten, welche viel Kiesel Erde enthalten.

Der lehmige Sandboden enthält 10 bis 20 Procent abschlembbarer Theile. Seine Fruchtbarkeit steht mit seinem Gehalte an Lehm und mit dem Gehalte dieses Lehms an Kalk Erde in geradem Verhältnisse. Mit der Zunahme des letzteren geht er in den mergeligen Sandboden über. Letzterer entspricht besonders der Eiche, und wenn er humusreich und tiefgründig ist, auch der Buche und Weißtanne; wenn frisch, kiesig und nicht zu warm, auch der Birke. Steigt der Humusgehalt des lehmigen und mergeligen Sandbodens bis 6 oder 10 Procent, wo er dann schon schwarz gefärbt erscheint, so paßt er für alle Holzarten ohne Ausnahme, so daß diese bei nicht zu langen Umtrieben große Holzmassen liefern.

Bei einem Lehmgehalt von 20 bis 30 Procent heißt dieser Boden sandiger Lehm Boden.

Der eigentliche Lehm Boden bildet den Übergang vom Sandboden zum Thonboden. Die nachtheiligen Eigenschaften des Sand- und Thon-

Lehmiger  
Sandboden.

Mergeliger  
Sandboden.

Sandiger  
Lehm Boden.

Lehm Boden.

bodens heben sich im Lehm Boden gegenseitig auf. Bei seinem steten Gehalte an Kalk und anderen Basen ist er der fruchtbarste Boden, welcher allen Holzgattungen bei hinreichendem Humusgehalte entspricht. Er nimmt 30 bis 40 Procent seines Gewichtes an Wasser auf und hält dasselbe lange zurück, ohne sich damit zu übersättigen, da er bei seinem Sandgehalte ein hinreichendes Durchlassungsvermögen und eine angemessene Lockerheit besitzt, welche ihn der Luft zugänglich macht; erwärmt sich leicht und erfüllt so alle Bedingungen einer vortheilhaften Vegetation.

Doch ist auch er sowohl im Allgemeinen nach seinem Thon- und Eisengehalte verschieden, als auch oft auf einem und demselben Flecke sehr ungleichartig, vorzüglich im Meeresboden. Er ist hier im Allgemeinen in der Tiefe kalkreicher, als an der Oberfläche. An einzelnen Stellen ändert sich der Kalkgehalt, wo der Mergel mehr nesterweise vorkommt. Dann sind auch die schichtenweisen Niederschläge verschiedener Epochen bald reicher an Thon, bald an Sand, so daß sie selbst mit reinen Sand- und Thonschichten wechseln. Auch der Humusgehalt ist verschieden, je nachdem der Boden lange mit Wald bedeckt oder bloßgelegen war.

Eine besondere Art von Lehm findet sich in den Thälern schlammreicher Flüsse. Er ist oft bis zu einer bedeutenden Tiefe sehr humusreich, weil sich von den Gebirgen mit den mineralischen Theilen zugleich viel Humus herabgespült und mit ersterem gemengt hat. Die aufsteigende Feuchtigkeit führt die nährenden Theile mit nach Oben. Daher der große Werth dieses tiefgründigen humosen Bodens, wie ihn die Weichselniederungen und die Marschgegenden der Niederelbe besitzen.

Der Lehm Boden erzeugt die schönsten Bäume von der besten Beschaffenheit des Holzes, welche das höchste Alter erreichen. Er bringt daher vorzugsweise die starken Rug- und Schiffbauhölzer hervor. Bei passender Feuchtigkeit und angemessenem Klima lassen sich darin alle unsere nussbaren Holzarten erziehen, die meisten sogar bis zu ihrer Vollkommenheit. Er verträgt weit eher eine längere Umtriebszeit, als der Sandboden, selbst die abwechselnde Benutzung als Ackerland, wenn sie nicht zu lange dauert, und überhaupt jede Art der Kultur.

Große Nässe erträgt er jedoch, namentlich bei starkem Eisen- und Mangangehalt, nicht, wahrscheinlich weil dadurch leicht aller Luftzutritt abgeschlossen wird, und daher nur wenig vollkommener Humus entsteht, und auch dieser dann mit dem Eisen und Mangan wenig assimilirbare humus-saure Salze bildet. Es gedeiht unter solchen Verhältnissen nur noch die Schwarzpappel und bei noch größerer Nässe einige geringeren Weidenarten darauf.

Der sehr fruchtbare kalkige Lehm Boden findet sich gewöhnlich nur über thonhaltigen Kalksteinlagern.

Der salzige Lehm Boden, welcher in den europäischen Steppengegenden in großer Ausdehnung vorkommt, ist für den Holz-wuchs ganz unbenutzbar, wenn diese Salze meist im Wasser löslich sind.

Der reine Thonboden, wie er den gewöhnlichen Töpferthon bildet, Thonboden. und durchschnittlich aus einem Gemenge von 80 bis 90 % Thon mit Eisen- und Manganoryden und etwas Kalk, Talk, Kali zc. besteht, kann als ein für die Holzzucht nicht mehr benutzbarer Boden betrachtet werden, der jedoch in dem Maße, als er sich durch Sandgehalt dem Lehm nähert, so wie mit zunehmendem Humusgehalt an Fruchtbarkeit gewinnt.

Obgleich der Thonboden nach seinem Thongehalte eine verschiedene Wirkung auf die Vegetation äußern muß, so läßt sich doch der Charakter des strengen Thonbodens von mehr als 60 % Thongehalt auf folgende Weise darstellen.

Er ist kaltgründig und zu Versumpfungen geneigt, aber trotzdem versorgt er sich, besonders bei vorübergehenden Regen — eben wegen seiner großen wasserhaltenden Kraft — nicht leicht bis zu einer gewissen Tiefe mit Feuchtigkeit. Der benetzten obersten Schichte adhärirt das Wasser so sehr, daß sie es nicht weiter eindringen läßt, sie wird wasserhart. Schwacher Regen erzeugt daher eine der Luftereinwirkung hinderliche Rinde und schadet deshalb mehr als er nützt.

Die Vegetation entwickelt sich darauf spät und langsam. Er erfordert daher auch lange Umtriebszeiten. Gewöhnlich wird der Wuchs erst stärker, wenn sich in geschlossenen Beständen eine stärkere Laubschicht und damit eine stärkere Humuserzeugung bildet. Er ergibt eine starke, tief gehende, wenig ausstreichende Wurzelbildung, geringen Höhenwuchs, starke Astverbreitung, dunkle Belaubung, und eine späte, aber reichliche Fruchterzeugung. Das Holz hat enge Lagen und eine vorzügliche Beschaffenheit. Er hält den Humus lange zurück und erträgt daher schon längere Benutzung zum Ackerbau, und die nachtheiligen Wirkungen des Streurechens treten hier weit später ein, als beim Sand- und Kalkboden. Er eignet sich besser zur Saat, als zur Pflanzung. Die Culturkosten sind bei ihm wegen der größeren Festigkeit weit höher, als im Sandboden.

Die gewöhnlichsten Holzarten des Thonbodens sind Eiche, Esche, Ulme, Buche, und wenn er reich an alkalischen Basen ist, auch Ahorn und Pyrusarten. Da er die Wurzelverbreitung erschwert und beim Austrocknen leicht rissig wird, so kommen flachwurzelnnde Holzarten, wie Birke, Fichte, Pappel, Weide Anfangs nur schwierig darin fort.

Ist der Thonboden nicht zu streng, oder der Versumpfung unterworfen, so kann er den besseren, und wenn er zugleich humusreich ist, sogar den besten Bodenklassen zugezählt werden, besonders wenn er noch 6—10 % Kalk enthält, wo er dann kalkiger Thonboden heißt, arm ist er dagegen bei Mangel an Kalk und Humus.

Der Kalk- oder Kreideboden enthält 30 bis 75 % kohlensauren Kalk, gewöhnlich nebst einigen Procenten kohlensaurer Talkerde, etwas Humus, phosphorsaure Talkerde, Mangan- und Eisenoryd und geringe Mengen von Thon und Sand. Er ist selten humusreich, weil er den Humus schnell zersezt, während die entstehenden humusfauren Salze von den Pflanzen assimiliert oder vom Wasser ausgelaugt werden. Kalk- oder Kreideboden.



Der eigentliche, mehr als 30 % Kalk enthaltende Kalkboden kommt in Deutschland selten in großer Ausdehnung vor, und gehört fast nur England und Frankreich an. Der Boden, welchen wir über den ausgedehnten Lagern von Muschelschale finden, ist in der Regel nur kalkiger Leimboden, oder höchstens lehmiger Kalkboden, welcher einen beträchtlichen Gehalt von Thon und Sand besitzt. Er hat trotz seines geringen Humusgehaltes einen guten Holzwuchs, wenn die Bestände geschlossen erhalten werden, so daß sich der rasch aufgezehrte Humus immer wieder ersetzt. Die in dem Kohlensäurehaltigen Wasser des Bodens aufgelösten Kalktheile wirken leicht auf die Saugwurzeln nachtheilig, wenn sie sich auf dieselben absetzen.

Wegen des leichten Verschwindens des Humus im Kalkboden gelten für denselben in forstlicher Beziehung die schon beim Sandboden aufgeführten Vorsichtsmaßregeln. Er ist leicht zum Austrocknen geneigt, wo dann die Pflanzen auf dem erschöpften Boden aller Nahrung entbehren.

Er eignet sich in einem milden Klima besonders für Buche, Ahorn, Hainbuche, Esche, Ulme, wilde Kirsche und Pyrusarten, im höheren Gebirge, der Jurakalk auch für Weißtanne und Fichte. Für dürre Kalkberge ist die Kiefer der Fichte vorzuziehen, doch ertragen Beide nur einen kurzen Umtrieb. Grasmuch ist hier (wegen Mangel an Kiesel Erde) selten zu fürchten, und die Saat der Pflanzung wegen Deckung des Bodens gewöhnlich vorzuziehen.

**Gypsboden.** Der **Gypsboden** steht im Allgemeinen dem Kalkboden an Fruchtbarkeit nach, obgleich er sonst ziemlich dieselben Eigenschaften mit ihm theilt.

**Kalkboden.** **Kalkboden** kommt nur in den Gebirgen von Süddeutschland vor, wo er durch Verwitterung des Dolomits oder Kalkschiefers, der Kalksteine, des Chloritschiefers und Specksteins entsteht. Er kommt in seinem Verhalten zur Vegetation im Allgemeinen mit dem fruchtbaren Leimboden überein, doch ist seine Beziehung zur Holzvegetation noch zu wenig bekannt, als daß sich hierüber etwas Besonderes angeben ließ.

**Eisendoden.** Der **Eisendoden** enthält 15 bis 30 % Eisen- und Manganoxyde, und entsteht gewöhnlich durch Verwitterung des Todtliegenden, des Rotheisens, rothen Thoneisens und anderer eisenreicher Gesteine. Er ist gewöhnlich stark thonhaltig, und daher ein strenger kalter Boden, der arm an alkalischen Basen zu den ärmeren Bodenarten gehört. Vorzugsweise findet man Eichen auf ihm, welche in geschlossenen Beständen und bei starker Humusbede einen guten Wuchs zeigen und ein hohes Alter erreichen. Auch die Hainbuche gedeiht noch gut und in unserem Klima die Fichte, weniger die Buche.

**Humusboden.** Obgleich der Humus und die daraus entstehende Humus Säure die Hauptbestandtheile der Pflanze enthalten, so sind doch Beide an und für sich als Pflanzennahrung nicht tauglich, sondern erst in Verbindung mit anorganischen Basen und Salzen. Der reine **Humusboden**, welcher keine mineralischen Theile enthält, muß daher wegen der Abwesenheit aller Basen sauer reagiren. Dieses Verhalten ist aber, wie schon oben (S. 546) gezeigt wurde, bloß zufällig, und nicht als die Ursache anzusehen, warum

ein bloß aus Humus bestehender Boden unfruchtbar ist, denn der Humus, oder vielmehr die Humusäure, welcher dieser Boden größtentheils seine saure Reaction verdankt, sind es gerade, durch deren Gegenwart ein Boden fruchtbar wird. Die Humusäure ist also hier bloß für ungenügend, durchaus aber nicht für schädlich zu betrachten. Die meisten Holzarten wachsen demnach auf dem Humusboden schlecht, und höchstens die Schwarzpappel und einige Weiden machen hiervon eine Ausnahme. Pflanzen, welchen der Humusboden entspricht, wie Equiseten, Juncus- und Carexarten enthalten aber auch nur solche Bestandtheile, welche weder ein nahrhaftes Futter, noch einen nahrungsreichen Humus geben.

Noch unfruchtbarer wird der Humusboden durch starken Eisengehalt, weil das Eisen sich leicht mit der Humusäure zu nicht assimilirbaren Salzen verbindet, wodurch dann der Boden auch für jene Pflanzen unzugänglich wird, welche sich mit bloßer Humusäure begnügen. Das aufgelöste kohlensaure Eisenorydul, welches sich nicht mit Humusäure verbinden kann, setzt sich, bei seiner höheren Drydation zu Dryd, als gelber Schlamm an den Wurzeln als Wurzelrost ab. Das im Boden vertheilte Eisen zieht sich, wenn derselbe ruhig liegt, auf eine Stelle zusammen und macht dann dieselbe unfruchtbar. Lassen sich dagegen diese Eisenablagerungen in Gräben erzeugen, worin sich das Wasser sammelt, so wird der Boden davon befreit.

Der Humusboden oder humose Boden ist nicht zu verwechseln mit dem humusreichen Boden, welcher für sich keine eigene Bodenart bildet, sondern es kann diese Bezeichnung jeder der eben angeführten Bodenarten beigelegt werden, wenn dieselbe einen bedeutenden Humusgehalt besitzt, wie sogleich gezeigt werden soll.

Humusreicher Boden.

Die Eigenschaften der verschiedenen Arten des Humusbodens ergeben sich aus dem bereits oben (S. 546) hierüber Angeführten.

Nach dem quantitativen Verhältnisse der einzelnen Hauptbestandtheile läßt sich folgende Einteilung des Bodens aufstellen:

Einteilung des Bodens nach seinen Bestandtheilen.

1) Thonboden: über 50 % Thon, nicht über 5 % Kalk, nicht über 20 % Humus.

2) Lehm Boden: 20—50 % Thon, nicht über 5 % Kalk, nicht über 20 % Humus.

3) Mergelboden: 5—20 % Kalk, nicht über 50 % Thon, nicht über 20 % Humus.

4) Kalkboden: über 20 % Kalk.

5) Sandboden: 80—90 % Sand, nicht über 20 % Thon, nicht über 20 % Kalk, nicht über 20 % Humus.

6) Eisenboden: über 15 % Eisen- und Manganoryd und Drydul.

7) Humusboden: mit der Hälfte oder mehr Humus.

Diese Bodenarten außer dem Humusboden heißen:

humos, mit 12—20 % Humus;

humusreich, mit 4—12 % Humus;

humusvermögend, mit 1½—3 % Humus;

humusarm, unter 1½ % Humus.

Außer dem Kalk- und Mergelboden heißen dieselben:

Kalklos, mit 0— $\frac{1}{2}$ % Kalk;

Kalkhaltig, mit  $\frac{1}{2}$ —5% Kalk.

Eisenschüffig heißt ein Boden, der 5—15% Eisen- oder Manganoxyd enthält.

Der Thonboden heißt sandig, wenn er Quarzkörner enthält, kalkig, wenn er mit Kalksteinbrocken gemengt ist, mergelig, wenn er 4—5% fein zertheilten Kalk enthält.

Der Lehm Boden heißt sandig, wenn er 70—80% Sand enthält, mergelkalkig, wenn er 4—5% fein zertheilten Kalk enthält. In dem Verhältnisse, als er sich dem Thonboden nähert, heißt er mild, stark oder streng.

Der Mergelboden heißt thonig mit mehr als 50% Thon, lehmig mit 20—50% Thon, sandig mit 60—70% Sand, kalkig unter denselben Verhältnissen wie der Thonboden. Wenn er keine organischen Gemengtheile enthält, also eigentlich kein Boden ist, so heißt er Mergel oder ein Mergellager.

Der Sandboden heißt schlecht bei mehr als 90% Sand, lehmig bei 80—90% Sand, mergelig mit 2—5% Kalk. Nach der Art der Sandkörner heißt er Quarz-, Glimmer-, Feldspath-, oder Kalksandboden.

Der Kalkboden heißt sandig mit 15—20% Sand, lehmig mit 30—40% Lehm (Sand und Thon), thonig mit 20—25% Thon.

Der Humus- und der Eisenboden heißen thonig mit mehr als 50% Thon, lehmig mit 20—50% Lehm, sandig mit 5—10% Lehm, mergelig mit 5—20% Kalk, kalkig mit mehr als 20% Kalk.

Der Lehm Boden heißt mit 4—6% Humus, der Thon- und Sandboden mit 10—12% humusreich.

Nach den dem Boden beigemengten Steinen heißt derselbe nicht steinig, wenn er keine oder nur wenig Steine enthält; etwas steinig, wenn die Masse der Steine etwa  $\frac{1}{4}$  beträgt; steinig, wenn sie die Hälfte ausmachen, und sehr steinig, wenn sie dieselbe noch überwiegen.

### Bodenunterlage.

Die Fruchtbarkeit des Bodens hängt, wie schon mehrfach angedeutet wurde, nicht bloß von der Beschaffenheit des Obergrundes, sondern auch von dem Einflusse seiner Unterlage ab (Vgl. S. 499).

Die Bodenunterlage kann bestehen:

- 1) aus der Gebirgsart, woraus durch Verwitterung die mineralischen Bestandtheile des Obergrundes an Ort und Stelle entstanden sind;
- 2) aus denselben Stoffen, wie die mineralischen Theile des Obergrundes;
- 3) aus diesen nebst Sand, Kies, Geröllen und Geschieben.

Das Erste ist gewöhnlich in Gebirgsgegenden, auf dem Rücken der Berge, das Zweite an ihrem Fuße, das Dritte in Ebenen und Niederungen der Fall.

Die Unterlage übt einen besonders großen Einfluß auf die physischen Eigenschaften des Obergrundes, auf dessen Feuchtigkeit und Erwärmungsfähigkeit, und auf die Wurzelverbreitung der Bäume insbesondere.

Einfluß der Unterlage

Eine thonige, lehmige oder lettige Unterlage läßt das Wasser, welches der Obergrund nicht zurückhalten kann, entweder schwer oder gar nicht durchdringen. Für einen sandigen Obergrund kann dies zuträglich, für einen lehmigen dagegen nachtheilig sein.

auf die Feuchtigkeit

Sand, Kies, Gerölle, wenn letztere nicht mit feinem Thon vermischt sind, lassen das Wasser ungehindert durch, oft bis zu einer Tiefe, wo es dem Obergrunde nicht mehr zu Gute kommt, und halten durch Anhaftung wenig zurück — für einen nassen Obergrund ein günstiger, für einen trockenen ein mißlicher Umstand.

Eine felsige Unterlage wirkt verschieden nach ihrer Structur, ob sie geschichtet oder ungeschichtet, sölilig oder geneigt geschichtet ist, ob die Klüfte leer oder mit durchlassender Erde ausgefüllt sind. Nicht oder sölilig geschichtete, dabei sparsam zerklüftete Felsarten oder solche, deren Klüfte mit thoniger Erde erfüllt sind, lassen das aus dem Obergrunde sich herabsenkende Wasser gar nicht durch; geneigt geschichtete setzen dem Abzuge Schwierigkeiten entgegen.

und

Auch die Beschaffenheit der Oberfläche einer thonigen oder felsigen Unterlage ist von großer Wichtigkeit, ob sie eben oder muldig — wogerecht oder geneigt ist. Muldige Vertiefungen geben Veranlassung zur Naßgründigkeit und zu Versumpfungen, wenig geneigte Flächen lassen das Wasser nur langsam, steile schneller abfließen. Beides kann je nach der Beschaffenheit des Obergrundes nützlich oder schädlich werden.

Der Wärmeszustand des Obergrundes hängt insofern von der Unterlage ab, als diese an und für sich mehr oder weniger erwärmungsfähig und wärmeleitend — mehr oder weniger feuchtigkeitshaltend ist. Im übelsten Falle steht daher der Raseneisenstein als Unterlage eines leichten Obergrundes, welcher vermöge der starken Erwärmungsfähigkeit des Eisenoxyds (vgl. S. 542) einen heißen, dürrten Boden erzeugt. Ein Sandboden auf tiefiger Unterlage wird sich in größeren Gegensätzen erhitzen und erkälten, als auf lehmiger, welche nicht bloß selbst wenig erwärmungsfähig ist, sondern auch mehr Feuchtigkeit enthält, an Verdunstung eine starke Erwärmung verhindert.

Erwärmungsfähigkeit des Obergrundes,

Thon, strenger Lehm, schlüffiger Letten und wenig zerklüftete Felsmassen gestatten das Eindringen der Wurzeln nicht, und diese zeigen kein Bestreben, in den dichten, der Luft verschlossenen Thon oder Lehm einzudringen, ob sie gleich alle anorganischen Nahrungstoffe darin antreffen. Die Wurzeln streichen darüber weg, wie über Steinplatten, und versenken sich nur in Spalten mit lockeren Ausfüllungen.

auf die Wurzelverbreitung

und

Außer dem Einflusse der Unterlage auf die physische Beschaffenheit des Obergrundes ist er aber auch in chemischer Beziehung nicht bloß deswegen wichtig, weil derselbe aus ihr entstanden ist, sondern auch noch fortwährend seine durch die Vegetation und Auslaugung durch das

als Quelle der mineralischen Bodenbestandtheile.

Wasser verlorenen Theile durch die Verwitterung der Unterlage wieder ersetzen kann.

Bodenbede f.  
bei der forst-  
lichen Bün-  
gerichte.

### Beurtheilung der Beschaffenheit des Bodens.

Güte des  
Bodens.

Der Boden ist nach dem Verhältnisse, in welchem er den Pflanzen im Allgemeinen Haltung, Schutz, Feuchtigkeit und Nahrung gewährt, außerordentlich verschieden.

Man schließt auf die Güte des Bodens im Allgemeinen oft mit ziemlicher Sicherheit nach seiner Bedeckung, da diese auf seine Fruchtbarkeit nicht nur zurückwirkt, sondern auch von derselben bedingt wird.

Auf schlechten Boden läßt eine Bedeckung mit bloßen Flechten schließen; schon etwas besseren, aber immer noch schlechten Boden bezeichnen Moose, Haide, Heidel- und Preiselbeeren, einen mittleren die gewöhnlichen Waldgräser, Binsen, Agrostideen, guten Boden Sauertee, Waldbrebe, Himbeere, Kollische, und zwar allemal um so besseren, je üppiger die Pflanzen stehen.

Außer dieser unbedingten Bodengüte unterscheidet man aber auch noch eine bedingte. Nicht jeder Boden ist für alle Pflanzen gleich günstig, eine Pflanze gedeiht besser auf einer gewissen Bodenart, als auf einer anderen. Der beste Erlenboden kann für die Eiche der schlechteste sein. Guter Buchenboden kann dem Gedeihen der Kiefer, guter Kiefernboden dem Gedeihen der Buche nicht förderlich sein. Die Bodengüte wird ferner bedingt durch das Klima. Es kann Boden in einem rauhen, feuchten Klima fruchtbar sein, welcher an heißer, sonniger Lage, bei trockener Luft höchst unfruchtbar sein würde und umgekehrt. Sie wird endlich auch bedingt durch die Beschaffenheit ihrer unteren Begrenzung. Der nämliche Sandboden, welcher in geringer Erhöhung über einer Wasserfläche, oder über einem die Feuchtigkeit zurückhaltenden Erd- oder Gesteinskalle fruchtbar ist, kann unter anderen Lagerungsverhältnissen höchst unfruchtbar sein.

Eine genauere Beurtheilung der Beschaffenheit des Bodens ergibt sich 1) aus seiner Zusammensetzung und der Natur seiner Bestandtheile, 2) nach äußeren Kennzeichen, 3) nach seiner Thätigkeit und Wirkung.

Physikalisch-  
chemische  
Untersuchung  
des Bodens.

Die Untersuchung des Bodens nach seinen Bestandtheilen kommt nur da bei der Waldwirthschaft in Anwendung, wo sich die Beschaffenheit des Bodens nicht schon aus vorhandenem Holzwuchse beurtheilen läßt, wie auf großen Blößen, oder, wenn eine Bodenfläche vom Ackerbau in den Waldbau übergehen soll und umgekehrt, oder wenn eine von der bisher gezogene verschiedene Holzart gepflanzt werden soll.

Es ist hierbei die Beschaffenheit der Bodenunterlage, deren Einfluß auf die Feuchtigkeit des Bodens, die Lage, Tiefe und Feuchtigkeit des Bodens mit Berücksichtigung des Klima's zu beachten, wie sich dies aus dem Vorhergehenden ergibt, ferner die Natur und Mengungsverhältnisse der Bodenbestandtheile selbst. Die Ausmittlung derselben soll nun hier einer genaueren Würdigung unterstellt werden. Obgleich sich die physikalischen Eigen-

schaften des Bodens aus denen seiner Bestandtheile ergeben, so ist doch in den Fällen, wo nur die eine oder andere physikalische Eigenschaft, z. B. die wasser- oder wärmehaltende Kraft zu kennen nöthig wäre, die Prüfung des Bodens auf die fragliche Eigenschaft insbesondere gewöhnlich der Zerlegung in seine Bestandtheile vorzuziehen, weil erstere jedesmal weit leichter und schneller ausführbar ist, als letztere. Die physikalisch-chemische Untersuchung des Bodens zerfällt demnach in die Untersuchung 1) auf seine physikalischen Eigenschaften, 2) auf seine Bestandtheile.

Bei einer solchen Untersuchung des Bodens verfährt man nun im Allgemeinen folgendermaßen.

Man vermeidet bei der Auswahl des Bodens alle ungewöhnlichen Erhöhungen und Vertiefungen, weil man sich sonst über das richtige Verhältniß des Humusgehaltes täuschen würde, indem das Laub von den Erhöhungen ab- und in die Vertiefungen zusammengeweht wird. Man wählt demnach eine ebene, gleichförmige Fläche zur Untersuchung. Bei einem überhaupt hügeligen Boden müssen sowohl Untersuchungen auf den Rücken, als an den Abhängen und in den Thälern unternommen werden.

Auswahl des Bodens zur Untersuchung

An der ausgewählten Stelle wird, wo möglich bis zur Unterlage des Bodens, bei tiefgründigem Boden bis zu 3 Fuß Tiefe ein Loch gegraben, und eine der Seitenwände mit dem Spaten scharf und senkrecht abgestochen. Hat man nun dadurch ein Bild des Bodendurchschnittes erlangt, so notirt man sich die Beschaffenheit des Bodens, so weit sich diese aus der Färbung, aus dem Zusammenhange und dem Äußeren der Bodenschichten erkennen läßt. Besonders messe man die Tiefe, bis zu welcher der Boden durch Humus dunkel gefärbt ist, und die Dicke der durch Färbung u. sich als verschieden zu erkennen gebenden Erdschichten, deren Gehalt an Steinbrocken, Feuchtigkeitsgrad u. Aus jeder dieser Schichten werden zur genaueren Untersuchung einige Hände voll Erde in ein Papier geschlagen, und darauf die Tiefe bemerkt, aus welcher man die Erde nahm.

Zu Hause breitet man von jeder der Bodenproben eine kleine gewogene Menge auf Papier dünn aus, bis sie nach wiederholtem Wiegen nichts mehr an Gewicht verloren hat, was, je nachdem die Luft mehr oder weniger warm und trocken ist, nach 2—3 Tagen geschieht.

Man füllt nun eine zuvor gewogene Flasche mit destillirtem Wasser, welche nicht größer sein darf, als sie von einer feinen Wage ohne Nachtheil voll Wasser getragen werden kann, also von 4—6 Loth Inhalt, oder auch kleiner; je größer sie ist, um so genauer wird die Wägung. Man bemerkt sich den Wassereinhalt genau. Natürlich kann diese Wägung nicht mit gewöhnlichen bürgerlichen Gewichten geschehen, sondern man verwendet dazu Apotheker- oder französisches Grammengewicht (S. 100), und schlägt es bis auf Bruchtheile von Granen oder Milligrammen aus.

Bestimmung des spezifischen Gewichts.

Von der lufttrockenen, von Steinen und anderen gröberen Theilen befreiten Erde bringt man eine gewogene Quantität in die leere Flasche, füllt sie wieder mit Wasser, wartet so lange, bis keine Luftbläschen mehr von der Erde austreten, was man durch Umrühren mit einem Draht

befördert, und ersetzt das von der Erde verschluckte Wasser durch Nachgießen, bis das Wasser wieder genau den Stand wie vor der ersten Wägung hat.

Man wiegt nun die mit Wasser und Erde gefüllte Flasche. Ist  $a$  der Wasserinhalt der Flasche,  $b$  das Gewicht der Erde, bevor sie ins Wasser kam, und  $c$  das Gewicht des Flascheninhalts, wenn sie mit Wasser und Erde gefüllt ist, so ist  $a + b - c$  das durch die Erde verdrängte Wasser, oder mit anderen Worten, das Gewicht eines dem der Erde gleichen Volums Wasser. Es ist also  $a + b - c : b = 1 : x$  oder  $\frac{b}{a + b - c} = x$ .

Enthält z. B. die Flasche 1000 Gran Wasser, das Gewicht der trockenen Erde beträgt 500 Gran, und der Flascheninhalt nach dem Füllen mit Wasser und Erde 1290 Gran, so ist  $1000 + 500 - 1290 = 210$  und  $210 : 500 = 1 : x = \frac{500}{210} = 2,380$  das spezifische Gewicht dieser Erde.

Absolutes  
Gewicht des  
Bodens.

Unter dem absoluten Gewicht des Bodens versteht man das Gewicht eines gewissen Volums desselben, gewöhnlich eines pariser Kubikfußes oder Solles nach Nürnberger Medicinalgewicht.

Schübler hat das spezifische und absolute Gewicht der einzelnen Bodenbestandtheile gesucht und in folgender Tabelle zusammengestellt:

Erdbarten	Specif. Gew. des Wassers = 1 bei + 4,1° C.	Gewicht eines Pariser Kubikfußes	
		im trockenen Zustande	im nassen Zustande
Kalksand . . . . .	2,722	113,6	141,3
Quarzsand . . . . .	2,653	111,3	136,1
Gyps in Pulver . . . . .	2,331	91,9	127,6
Lettenartiger Thon . . . . .	2,601	97,8	129,7
Lehmartiger Thon . . . . .	2,581	88,5	124,1
Reiner grauer Thon . . . . .	2,533	75,2	115,8
Kohlensaure Kalkerde in Pulver . . . . .	2,468	53,7	103,5
Kohlensaure Kalkerde . . . . .	2,194	15,8	76,3
Humussäure . . . . .	1,370	34,8	89,7
Lehmboden . . . . .	2,401	84,5	119,1

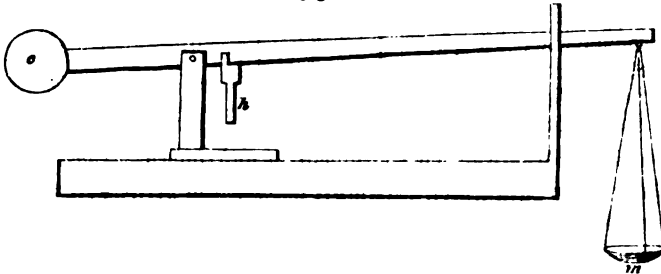
Schwerer  
und leichter  
Boden.

Zu erinnern ist noch, daß der praktische Ausdruck schwerer und leichter Boden in keiner Beziehung zum spezifischen Gewichte steht, sondern vielmehr zur Cohäsion des Bodens. Man nennt nämlich schwer oder leicht einen schwer oder leicht mit Ackerwerkzeugen zu bearbeitenden, also einen mehr oder minder cohärenten Boden. Das spezifische Gewicht des Bodens ist im Gegentheil um so größer, je kleiner der Thon-, Kalk- oder Humus-, und je größer der Sandgehalt, also je geringer die Cohäsion ist und umgekehrt.

Zur Prüfung des Bodens auf seine **Cohäsion** oder **Consistenz**, wonach er in zähen, bindenden, strengen oder schweren, in mürben oder leicht zerfallenden und in leichten getheilt wird, bringt man nach Schübler den mit einer bestimmten Menge Wasser befeuchteten Boden in eine Form von hartem Holze, oder besser von Metall, etwa 4 Pariser Linien hoch und breit und 2 Zoll lang. Man behandelt nun einmal den Boden im feuchten Zustande, und dann, nachdem man ihn in der Form selbst hatte austrocknen lassen, auf folgende Weise:

Untersuchung  
des Bodens  
auf Cohäsion,  
Consistenz  
oder Festig-  
keit.

Fig. 105.



Über der Form ist ein Wagbalken von 20 Zoll Länge angebracht. c ist eine Kugel von Blei, durch welche die an dem längeren Hebelarme befindliche Wagschale m im Gleichgewichte gehalten wird, so lange letztere nicht mit Gewichten beschwert wird. a ist ein Spatel von Stahl,  $\frac{1}{3}$  Pariser Linie dick, unten der Breite der Form entsprechend, 4 Linien breit, welcher am Wagbalken mittelst eines Stiftes befestigt ist, daß er immer eine senkrechte Stellung einnimmt. Man legt in die Wagschale so lange Gewichte, bis die Erde durchschnitten ist. Man wählt als Einheit den dichtesten Thon. Wären z. B. zum Durchschneiden des Thons 20 Pfunde Gewicht erforderlich, und für eine zu prüfende Erde 12 Pfunde, so ist

$$20 : 12 = 100 : x = \frac{1200}{20} = 60 \text{ die Cohäsion der zu prüfenden Erde.}$$

Hartig knetet die gesiebte Erde zu einem steifen Teig an, den er so weit trocknen läßt, bis man ihn formen kann, und bildet daraus 6'' lange und 1'' dicke Walzen, welche er auf einem Ofen vollständig austrocknet, und dann auf 5'' Spannung hohl legt. Genau über die Mitte der Walze wird eine Schleiße von dünnem Bindfaden gezogen, an diese eine leichte Wagschale von bekanntem Gewicht gehängt und so lange mit Gewichtstücken beschwert, bis die Walze zerbricht. Je mehr Gewicht die Walze trägt, um so größer ist natürlich die Consistenz des Bodens.

Schübler's Versuche über die Consistenz des Bodens ergaben folgende Resultate:



Erdbarten	Im trockenen Zustande	Im nassen Zustande	
	Festigkeit, die des Thons = 100 ge- setzt	Anhängen an die Ackerge- räthe, bei einer Fläche von 1 Pariser □ Fuß	
		an Eisen Pfund	an Holz Pfund
Quarzsand . . . . .	0	3,8	4,3
Kalksand . . . . .	0	4,1	4,4
Gypserde . . . . .	7,3	10,7	11,8
Humussäure . . . . .	8,7	8,8	9,4
Ackererde (Lehmboden) .	33,0	5,8	6,4
Lettenartiger Thon . . .	57,3	7,9	8,9
Reiner grauer Thon . .	100,0	27,0	29,2

Prüfung des  
Bodens auf  
die Volum-  
verminderung  
beim Aus-  
trocknen.

Um eine Bodenart auf die Eigenschaft zu untersuchen, vermöge welcher sie beim Austrocknen zusammenschrumpft und dadurch Risse bekommt, formt man daraus im durchnässten Zustande gleich große würfelförmige Stücke von wenigstens 8 Kubitzoll, läßt sie so lange an der Luft trocknen, bis sie nichts mehr an Gewicht verlieren, und mißt dann die Stücke, so ergibt sich daraus ihre Volumverminderung. Schübler theilt hierüber folgende Angaben mit:

Erdbarten	1000 Kubit- linien vermin- derten ihr Volum bis auf	1000 Theile vermindert- ten daher ihr Volum um
Quarzsand . . . . .	0 R.-L.	0
Kohlensäure Kalkerde, Pulver . .	950 . .	50
Lettenartiger Thon . . . . .	940 . .	60
Lehmartiger Thon . . . . .	911 . .	89
Ackererde (Lehmboden) . . . . .	880 . .	120
Reiner grauer Thon . . . . .	817 . .	183
Humussäure . . . . .	800 . .	200

Das Schwinden oder Zusammenschrumpfen einer Bodenart steht danach so ziemlich in geradem Verhältnisse zu ihrer wasseranhaltenden Kraft, oder in umgekehrtem zu ihrer Fähigkeit, auszutrocknen. Vgl. unten die betreffende Tabelle.

Prüfung  
der Wasser-  
aufnahms-  
fähigkeit des  
Bodens.

Zur Prüfung des Bodens auf seine Wasseraufnahmefähigkeit zerreibt man 8—9 Pfund Erde gröblich, befreit sie von Steinen und unverwesten organischen Theilen, trocknet sie auf einem Ofen bei etwa 60° C. aus, bis eine darüber gehaltene kalte Porzellan- oder Glasfläche nicht mehr anläuft, pulvert sie und bringt 4 Pfund und 2 Unzen oder 50 Unzen (Med. Gew.) auf ein Filter, gießt langsam ebensoviel Wasser darauf und notirt genau, wie viel Zeit es bedurfte, um durchzufließen. Wenn das Filter zu tropfen aufhört, wiegt man das ins Gefäß abgefllossene Wasser genau und erfährt dadurch, wie viel Wasser von der Erde absorbiert wurde. Man wiederholt diesen Versuch 4 Mal mit derselben Genauigkeit und nimmt dann die Durchschnittszahl, welche man dann als Procente auf 100 Gewichtstheile, oder auf einen Kubitzuß Erde berechnet.

Die von Schübler über die Wasseraufnahmefähigkeit verschiedener Bodenbestandtheile angestellten Versuche ergaben folgende Resultate:

Erdbarten	Wasserauf- sende Kraft nach Ge- wicht-Pro- centen	Ein Pariser Kubikfuß der nassen Erde enthielt Pfunde Wasser
Quarzsand . . . . .	25	27,3
Gypspulver . . . . .	27	27,4
Kalksand . . . . .	29	31,8
Lettenartiger Thon . . . . .	40	38,8
Lehmartiger Thon . . . . .	50	41,4
Kalterde (Lehmboden) . . . . .	52	40,8
Reiner grauer Thon . . . . .	70	48,3
Kohlenfaure Kalterde, Pulver . . . . .	85	47,5
Humusfaure . . . . .	181	50,1
Kohlenfaure Kalterde, Pulver . . . . .	256	62,8

Da die Wasseraufnahmefähigkeit von der Natur der Bodenbestandtheile abhängt, so soll man, wie ein italienisches landwirthschaftliches Journal<sup>1)</sup> angibt, wenn der Versuch nach vorstehendem Gewichtsverhältnisse angestellt wurde, durch Auffuchen des Gewichtes in der nachstehenden Tabelle, welche sich der gefundenen am meisten nähert, die Zusammensetzung der Bodenart annäherungsweise ableiten können.

Aufsorbirtes Wasser in			Zeit der Aufsorption	Beschaffenheit der Erde
Unzen	Drachmen	Granen	Stunden	
2	6 bis	6	3—4	Beinahe reiner Sand, etwas kalkhaltig.
3	6 3	40	1—1½	Beinahe reine unfruchtbare Kalterde.
3	bis	44		
3	6	40	3—4	Leichter Kieselboden, Halblehm mit ungefähr ½ Thon.
3	7	40		
4	bis	—	1—2 5—5½	Wenig fruchtbarer Kalkboden. Solche Erde muß arm sein und erschöpft, und ist, wenn sie grau ist, bloß Kalk.
6	ebensoviel	52		
6	bis	4	8—9	Schwerer Boden mit ½ Thongehalt.
6	2	52		
6	bis	20	9—10	Noch schwererer Boden, fruchtbar.
8	4	20		
8	bis	20	11—12	Compacte thonhaltige Erde; sie muß ¼ Thon enthalten.
12	0	48		
11	bis	0	20—24	Beinahe reiner Thon.
11	6	8		
11	bis	48	7—8	Unfruchtbarer kalkhaltiger Thon.
12	4	20		
12	bis	0	1—2	Dammerde.
13	4	16		
13	bis	12		
13	7			

1) Daraus der Agriculteur-Praticien. März 1845. S. 173 und Dingler's polytechn. Journ. 96. 1845. S. 236.

Prüfung der  
wasserzück-  
haltenden  
Kraft des Bo-  
dens

Um die Zeit zu ermitteln, innerhalb welcher eine Bodenart ihre Feuchtigkeits abgibt, oder um die wasserzurückhaltende Kraft des Bodens zu bestimmen, befeuchtet man wie beim vorigen Versuche die Erde auf einem zuvor gewogenen Filter, läßt das Wasser ablaufen, nimmt dann das Filter sammt der Erde aus dem Trichter, und läßt es so lange in einem geschlossenen Zimmer bei gewöhnlicher Temperatur liegen, bis sich beim Wiegen kein weiterer Verlust mehr an Wasser ergibt, d. h. bis die Erde völlig lufttrocken geworden ist.

Schübler erhielt bei seinen Versuchen über die wasseranhaltende Kraft, oder die Fähigkeit, früher oder später auszutrocknen, folgende Resultate:

und	Erdarten	Bon 100 Theilen absorbirten Wassers verdunsteten bei + 18° C. in 4 Stunden	Bon 100 Theilen aufgenommenen Wassers verdunsteten bei + 18° C. in
	Quarzsand . . . . .	88,4 Theile	4 Stunden 4 Minuten
	Kalksand . . . . .	75,9 "	4 " 44 "
	Gypspulver . . . . .	71,7 "	5 " 1 "
	Leitenartiger Thon . . . . .	52,0 "	6 " 55 "
	Lehmartiger Thon . . . . .	45,7 "	7 " 52 "
	Klebererde (Lehmboden) . . . . .	32,0 "	11 " 15 "
	Reiner grauer Thon . . . . .	31,9 "	11 " 17 "
	Kohlensaurer Kalk, Pulver . . . . .	28,0 "	12 " 51 "
	Humusäure . . . . .	20,5 "	17 " 33 "
	Kohlensaure Talkerde, Pulver . . . . .	10,8 "	33 " 20 "

der wasser-  
anziehenden  
Kraft.

Um die wasseranziehende Kraft des Bodens zu erfahren, breitet man wie oben getrocknete Erde auf eine Glasplatte aus, nachdem man zuvor Erde und Platte, jedes für sich gewogen hat, und stellt nun die Platte mit der Erde über ein mit Wasser gefülltes Gefäß, jedoch so, daß ein Zwischenraum zwischen Beiden zur Verdunstung des Wassers bleibt, bedeckt das Ganze mit einer Glasglocke, läßt es bei 15 bis 18° C. einige Zeit stehen, und wiegt dann die Platte mit der Erde, und dann die von der Erde befreite Platte. — Ist das Gewicht der trockenen Erde a, das der trockenen Platte = b, das der feuchten Erde und Platte zusammen = c, das der nassen Platte = d, und die Zeit, während welcher die Erde unter der Glocke blieb n, so ist  $d - b$  das von der Platte,  $c - (a + d)$  das von der Erde absorbirte Wasser, wonach sich nun leicht berechnen läßt, wie viel Wasser 100 Theile Erde in n Stunden aus der Luft absorbiren.

Über die wasseranziehende Kraft der Erdarten macht Schübler folgende Angaben:

Erdbarten	1000 Gewichtstheile trockener Erde, die auf einer Scheibe ausgebreitet waren und sich unter einer mit Wasser gesperrten Glasglocke befanden, absorbirten in			
	12	24	48	72
	Stunden			
Quarzsand . . . . .	0	0	0	0
Gypspulver . . . . .	1	1	1	1
Kalksand . . . . .	2	3	3	3
Käckerde (Lehmboden) . . . . .	16	22	23	23
Lettenartiger Thon . . . . .	21	26	28	28
Lehmartiger Thon . . . . .	25	30	34	35
Kohlensaure Kalkerde, Pulver . . . . .	26	31	35	35
Reiner grauer Thon . . . . .	37	42	48	49
Kohlensaure Kalkerde, Pulver . . . . .	69	76	80	82
Humusäure . . . . .	80	97	110	120

Will man einen Boden prüfen auf seine Fähigkeit, Sauerstoffgas aus der Luft anzuziehen, so bringt man eine abgewogene Quantität Erde im befeuchteten Zustande in eine Flasche, welche eine bestimmte Menge atmosphärische Luft faßt, verschließt sie luftdicht mit einem gläsernen Stöpsel, Harz oder Wachs, und untersucht nach mehreren Tagen den Luftinhalt der Flasche mittelst eines genauen Eudiometers auf seinen Gehalt an Sauerstoff. Die Menge des absorbirten Sauerstoffgases ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Sauerstoffgehalte der hier eingeschlossenen Luft und dem gewöhnlichen Gehalte der atmosphärischen Luft.

Prüfung des Bodens auf die Fähigkeit, Sauerstoffgas zu absorbiren.

Um die wärmehaltende Kraft eines Bodens zu erfahren, oder dessen Eigenschaft, die ihm durch die Sonnenstrahlen oder Lufttemperatur mitgetheilte Wärme in verschiedenen Zeiträumen zurückzuhalten oder wieder abzugeben, welche auf seiner specifischen Wärme und Leitungsfähigkeit für Wärme beruht, untersucht man die Temperatur einer bestimmten Menge Erde, erwärmt sie dann bis zu einem gewissen Grade, und beobachtet dann mittelst eines in die Mitte hineingesteckten Thermometers die Zeit, bis zu welcher die Erde sich wieder zur ersten Temperatur abkühlt. Zur Vergleichung setzt man hierbei gewöhnlich die wärmehaltende Kraft des Kalksand = 100.

Prüfung der wärmehaltenden Kraft.

Schübler's Versuche ergaben hierüber folgende Resultate:

Erdbarten	Wärmehal-	Länge der Zeit, welche 30 Cu- bitzoll Erde nöthig hatten, um in einer Temperatur von 16° C. von 62° bis 21° zu erkalten.	
	tende Kraft, die des Kalksand = 100 ge- setzt		
Kalksand . . . . .	100,0	in 3 Stunden	30 Minuten
Quarzsand . . . . .	95,6	" 3	" 20
Lettenartiger Thon . . . . .	76,9	" 2	" 41
Gypspulver . . . . .	73,8	" 2	" 34
Lehmartiger Thon . . . . .	71,8	" 2	" 30
Ackererde (Lehmboden) . . . . .	70,1	" 2	" 27
Reiner grauer Thon . . . . .	66,7	" 2	" 19
Kohlensaure Kalkerde, Pulver . .	61,0	" 2	" 10
Humus säure . . . . .	49,0	" 1	" 43
Kohlensaure Talkerde, Pulver . .	38,0	" 1	" 20

Chemische  
Analyse des  
Bodens.

Der wichtigste Theil der Bodenuntersuchung ist die Bestimmung der einzelnen Bestandtheile, welche man zwar zum Theil mechanisch, größtentheils aber nur chemisch von einander abscheiden kann. Sie heißt daher gewöhnlich **Chemische Analyse des Bodens**.

Chemische  
Analyse des  
Bodens für  
praktische  
Zwecke.

Für praktisch forstliche Zwecke ist es hinreichend, 1) den Wassergehalt, 2) die Quantität der mechanisch abscheidbaren Gemengtheile, wie Gesteinsbrocken und unzersehte Pflanzentheile, 3) die Menge des Humus, 4) das gemeinschaftliche Gewicht der Kalk- und Talkerde, 5) das des Eisens und Mangans, 6) des Sandes und 7) des Thons zu bestimmen.

Man verfährt zu diesem Zwecke folgendermaßen:

Man erhitzt etwa 1000 Gran völlig lufttrockene, zwischen den Händen zerriebene Erde auf einem Zimmerofen oder in einem Backofen bis etwa 100° C. (viel höhere Temperatur würde die organischen Theile zerstören, viel niedrigere nicht hinreichen) so lange, als noch eine darüber gehaltene kalte Glas- oder Metallfläche von Wasserdämpfen anläuft. Was die Erde hierbei an Gewicht verliert, ist ihr Wassergehalt.

Um unzersehte Pflanzentheile und Steine zu entfernen, zerreibt man eine etwas größere, ebenfalls abgewogene Quantität Erde zwischen den Händen und schlägt durch ein (gegen das Verstäuben bedecktes) Drahtsieb, dessen Maschen etwa 1 Pariser Linie weit sind, zerreibt das Zurückbleibende nochmals, jedoch nicht auf dem Siebgitter, sondern bloß zwischen den Händen, bis nichts mehr zurückbleibt, als faserige Pflanzentheile und dem Drucke der Finger widerstehende mineralische Gemengtheile. Man wiegt den Rückstand, welchen man hierauf durch Schlemmen von den organischen Theilen trennt; trocknet, wiegt wieder und zieht das Gewicht der letzteren vom gemeinschaftlichen Gewichte ab, so bleibt das Gewicht der organischen Theile als Rest. Enthält die abgeschlemmte Masse eine beträchtliche Menge größerer Steine, so müßten diese durch ein entsprechendes größeres Sieb abgefondert und gewogen werden.

Um den Humusgehalt zu bestimmen, übergießt man eine abgewogene Menge zerriebener, aber nicht gesiebter Erde bei gewöhnlicher Temperatur mit einer schwachen Auflösung von kohlensaurem Kali oder kohlensaurem Natron, wo sich bei öfterem Umrühren der Humus in 24 Stunden auflöst. Man bringt den Rückstand auf ein Filter, wäscht mit Wasser aus, trocknet und wiegt denselben. Der Gewichtsverlust ist das Gewicht des Humus. Oder man glüht die getrocknete Erde, wo man den Humusgehalt mit Inbegriff der unverwesten organischen Theile erhält, wenn man den Glühverlust wegen der zurückbleibenden Kohle um etwa  $\frac{1}{5}$  größer nimmt. Wendet man beide Verfahren an und zieht den beim Behandeln mit kohlensaurem Alkali erhaltenen Verlust vom Glühverlust ab, so erhält man die Menge der verwesten und unverwesten Theile jede für sich.

Man übergießt sodann die Erde (am besten eine geglühte Partie) mit einer Mischung von 1 Theil Salpetersäure mit 100 Theilen Wasser und läßt diese bei gewöhnlicher Temperatur so lange damit in Berührung, als noch Gasbläschen von Kohlensäure entweichen. Die kohlensaure Kalk- und Talkerde sind dann ausgezogen. Man filtrirt, wäscht aus, trocknet und wiegt. Der Gewichtsverlust ist die gemeinschaftliche Menge der kohlensauren Kalk- und Talkerde.

Die so mit Salpetersäure behandelte Erde wird nun ebenso mit concentrirter Salzsäure behandelt. Nachdem die Säure einige Tage unter öfterem Umschütteln darüber gestanden, gießt man sie ab und ersetzt sie, wenn die Erde noch von Eisen braun gefärbt ist, durch neue. Hat sich die Eisenfarbe ganz verloren, oder war gar keine, oder eine schwarze Färbung vorhanden, so übergießt man die Erde mit Wasser, und wenn sie sich abgesetzt hat, ersetzt man letzteres so oft durch neues, als es noch mit Blutlaugensalz auf Eisen reagirt. Dann bringt man einen Tropfen Blutlaugensalzlösung auf eine Glasplatte, säuert dieselbe mit sehr verdünnter reiner Salzsäure an und bringt nun eine sehr kleine Quantität der von der Salzsäure nicht aufgelösten, wohl ausgewaschenen Erde hinzu. Wird dieselbe blau gefärbt, so muß sie abermals mit Salzsäure ausgezogen werden. Geglühte Erde wird schneller ausgezogen, als nicht geglühte.

Wird kein Eisen mehr ausgezogen, so bringt man den Rückstand auf ein Filter, wäscht mit Wasser aus und versetzt die vereinigten Flüssigkeiten mit Aetkali bis zur alkalischen Reaction. Die Thonerde bleibt in Verbindung mit Kali gelöst und das Eisen wird als Eisenoxydhydrat (nebst dem wenigen Mangan), als welches es auch größtentheils im Boden vorhanden ist, gefällt, getrocknet und gewogen.

Vom Rückstande wird nun der ungelöst gebliebene Theil des Thons (nebst den organischen Theilen bei ungeglühter Erde) abgeschlemmt und der zurückgebliebene Quarzsand getrocknet und gewogen.

Zieht man die Summe der Gewichte der organischen Theile, der Kalk- und Talkerde und des Quarzsandes von der angewendeten Menge der Erde ab, so ist der Rest die Menge des Thons.

Nach Hartig soll man die Kalk- und Talkerde mit Essigsäure und dann das Eisen mit verdünnter Salzsäure ausziehen, wobei Kiefsäure und Thonerde zurückblieben. Die Methode ist allerdings weit einfacher, als die angegebene, allein ich erhielt bei einem Versuche mit derselben ein unrichtiges Resultat. Die gewöhnliche käufliche, aber eisenfreie Salzsäure hatte bei einer Verdünnung mit 3 Theilen Wasser bei gewöhnlicher Temperatur auch nach 4 Wochen noch lange nicht alles Eisen, wohl aber, und dies auch noch bei sechsfacher Verdünnung, eine sehr bedeutende Menge Thonerde ausgezogen. Essigsäure statt verdünnter Salpetersäure vertheuert die Untersuchung unnöthigerweise.

Der am Ende zurückgebliebene Sand wird getrocknet, auf weißem Papier ausgebreitet und mit einer Lupe, oder, wenn die Theile sehr fein sind, mit einem zusammengesetzten Mikroskop untersucht. Ein geübtes Auge erkennt dabei die Körner der Mineralien, deren Grus die Erde bildet. Die glänzenden, mehr oder weniger durchsichtigen, farblosen, gelblichen oder röthlichen Körner sind Quarzsand, andere undurchsichtige, weiße, röthliche oder gelbliche Körner von matterem Glanze sind Feldspathstücker, metallartig schimmernde Blättchen sind Glimmer, grauliche oder schwarze Stücke können Basalt oder Thonschiefer sein u. s. w. Zweckmäßig wäre es in dieser Beziehung, sich an zerriebenen Theilen der oben aufgeführten Hauptgesteine mit dem Mikroskop zu üben, nachdem man dieselben durch Schlemmen von dem feinsten Staube befreit hat. Auch die Größe der Körner ist als von wesentlichem Einflusse auf die Beschaffenheit des Bodens sehr zu beachten.

Liefert auch freilich diese Art der Bodenuntersuchung, was namentlich die Trennung des Sandes und Thons durch Schlemmen betrifft, keine ganz genauen Resultate, so reicht sie doch für praktische Zwecke, d. h. zur Beurtheilung und Classification des Bodens, vollkommen hin, und kann auch von weniger in chemischen Arbeiten Bewanderten angestellt werden. Zu rein wissenschaftlichen Zwecken wäre außer der genaueren Trennung der angeführten Bestandtheile auch die Abscheidung der hier vernachlässigten Verbindungen des Kali, Natron und Ammoniak und außer den kohlensauren und kiesel-sauren Verbindungen auch die Quantität der Chloride, Sulphate, Nitrate und Phosphate zu ermitteln nöthig. Eine solche Arbeit erfordert indessen schon große Genauigkeit und Gewandtheit im Arbeiten und kann deswegen, so wie wegen des hierzu nöthigen Aufwandes an Zeit und nicht überall in erforderlicher Reinheit vorhandener Reagentien, nur von einem Chemiker von Fach mit Aussicht auf Erfolg angestellt werden. Der Plan zu einer solchen Untersuchung besteht etwa in Folgendem:

Es ist hier, wie bei allen genaueren quantitativen Analysen zweckmäßig, eine qualitative Untersuchung vorangehen zu lassen.

Man reibt eine abgewogene, wie oben abgeseibte Quantität Erde mit Wasser in einer Reibschale an, bringt sie von da auf ein Filter und wäscht dort so lange mit Wasser aus, bis ein Tropfen des Durchgegangenen auf Glas oder Platin beim Verdampfen keinen Fleck hinterläßt. Hieron dampft

Chemische  
Analyse des  
Bodens für  
wissenschaft-  
liche Zwecke.  
Qualitative  
Analyse.

man die Hälfte zur Trockne ab, um beurtheilen zu können, wie groß die Menge der in Wasser auflösbaren Bodenbestandtheile ist, theils um, wo es hauptsächlich auf diese Bestandtheile ankommt, eine hinreichende Menge der Erde in Arbeit nehmen zu können, theils zur Controle der Quantität der Bestandtheile. Die andere Hälfte der Flüssigkeit unterwirft man einer qualitativen Analyse, d. h. man reagirt auf alle Substanzen, welche im Boden vorkommen können, um bei der quantitativen Analyse im Voraus zu wissen, auf welche Verbindungen man keine Rücksicht zu nehmen braucht, wodurch das Verfahren nicht unbedeutend vereinfacht werden kann.

Die Gegenwart der Humusssäure ergibt sich schon beim Abdampfen der ersteren Hälfte der Flüssigkeit durch die gelblichbraune Farbe des Rückstandes, ebenso, wenn man etwas Erde mit Ammoniakflüssigkeit oder kohlen-saurem Kali erwärmt, aus der braunen Farbe der Auflösung, woraus Salzsäure die Humusssäure in braunen Flocken fällt.

Die Schwefelsäure erkennt man an dem weißen, pulverigen, schweren Niederschlag, welcher auf Zusatz von salpetersaurer Barytlösung entsteht und durch überschüssige Salzsäure nicht wieder verschwindet.

Die Salzsäure oder vielmehr das Chlor der Chloride (früher für salzsaure Dryde betrachtet) bildet mit salpetersaurer Silberoxyd-Auflösung einen weißen käsigen Niederschlag von Chlorsilber, nachdem man zuvor die Flüssigkeit mit Salpetersäure angesäuert hat.

Die Phosphorsäure wird aus der mit Ammoniak versetzten Flüssigkeit durch schwefelsaure Magnesia als weißer krystallinischer, langsam und zwar zuerst an den Wänden des Glases sich fest ansetzender Niederschlag und aus einer anderen (nicht mit Ammoniak versetzten), nöthigenfalls mit Kali oder Natron neutralisirten Probe, aus welcher, wie oben angegeben, das Chlor entfernt sein muß, durch salpetersaures Silberoxyd als gelber Niederschlag abgetrieben. Oder man ermittelt sie durch Eisenchlorid nach S. 215.

Die Salpetersäure bildet nach der Abscheidung aus ihren Salzen durch concentrirte Schwefelsäure in einer möglichst concentrirten Auflösung auf Zusatz von überschüssigem schwefelsaurem Eisenorydul eine dunkelschwarzbraune, bei geringer Menge derselben hellbraune, bis gelbliche Färbung. Oder man mengt etwas von der eingetrockneten Flüssigkeit mit Kohle; das Gemenge verpufft auf einem glühenden Bleche, oder für sich auf glühender Kohle. Etwas von der concentrirten Auflösung mit concentrirter Schwefelsäure und metallischem Kupfer oder Tombak (unächtem Blattgold) zusam-mengebracht entwickelt rothgelbe Dämpfe von salpetriger Säure.

Die Kohlensäure erkennt man aus dem Aufbrausen der eingetrockneten Flüssigkeit beim Übergießen mit Salzsäure.

Die Thonerde, welche im wässrigen Auszug als humus-saure Verbindung in nur sehr kleiner Menge gelöst sein kann, wird durch kohlen-saures Kali nebst Kalk- und Talkerde gefällt, löst sich aber in Alkali wieder auf und wird aus der filtrirten Auflösung durch geringen Zusatz von Salzsäure als weißer gelatinöser Niederschlag gefällt, durch mehr Säure



wieder gelöst und aus der Auflösung ebenso wieder durch Ammoniak oder kohlensaures Kali gefällt, ohne sich im Überschusse derselben wieder aufzulösen<sup>1)</sup>.

Die Kalkerde bildet mit opalsaurem Ammoniak oder mit Sauerklee-salz einen in freier Salz- oder Salpetersäure löslichen, in Essigsäure aber fast unlöslichen, auch bei kleinen Mengen Kalk sehr reichlichen weißen Niederschlag<sup>1)</sup>.

Die Magnesia gibt sich zu erkennen, wenn man der Flüssigkeit, woraus, wie oben angegeben, der Kalk gefällt worden ist, neutrales phosphorsaures Ammoniak zusetzt, als weißer krystallinischer Niederschlag von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia<sup>1)</sup>.

Das Kali wird aus der von Kalk und Magnesia befreiten und durch Abdampfen stark concentrirten Flüssigkeit durch überschüssige Weinsäure als weißer krystallinischer, der Kiesel-erde ähnlicher Niederschlag von doppeltweinsäurem Kali gefällt, welcher sich in vielem Wasser wieder auflöst.

Das Natron wird aus der von allen genannten Basen befreiten Flüssigkeit durch neutrales antimon-saures Kali bei großer Menge Natron als flockiger, bei geringer Menge als ein aus quadratischen Prismen bestehender weißer Niederschlag gefällt. Oder man bringt etwas von der von den übrigen Basen befreiten concentrirten Flüssigkeit an einem Platin- oder Eisendraht in die Löthrohrflamme, welche davon intensiv pomeranzengelb gefärbt wird. Oder man befreit dieselbe Flüssigkeit auch noch von Phosphor- und Schwefelsäure durch essigsauren Baryt, von Salzsäure durch essigsaures Silberoxyd, trocknet und glüht das zurückbleibende essigsaure Natron, welches dadurch in kohlensaures verwandelt wird, und prüft mit rothem Lackmuspapier; eine alkalische Reaction kann dann nur von Natron herrühren.

Das Ammoniak wird ermittelt, indem man die Flüssigkeit bis auf ein Minimum (aber nicht bis zur Trockne) abdampft, nachdem man sie zuvor mit einigen Tropfen Schwefelsäure versetzt hat, damit das Ammoniak, wenn es als kohlensaure Verbindung vorhanden ist, nicht beim Abdampfen entweiche, und dann mit Kalk oder Kali versetzt. Der Ammoniakgeruch, die Bläuung eines bloß über die Flüssigkeit gehaltenen feuchten

---

1) John Davy empfiehlt zur Unterscheidung von phosphorsaurer Kalkerde und phosphorsaurer Magnesia von Thonerde, wenn sie zusammen durch Ammoniak gefällt worden sind, die Anwendung des Mikroskops. Die Thonerde erscheint durchsichtig, während die Kalkerde ein sehr feinkörniges Aussehen hat. Auf Zusatz eines Tropfens verdünnter Schwefelsäure tritt die Erscheinung noch deutlicher hervor. Wenn der Niederschlag ganz aus Thonerde besteht, erscheint er glasartig, auch noch nach dem Verdampfen zur Trockne. Bei phosphorsaurem Kalk schießen gleich nach dem Zusatz einer richtigen Menge Schwefelsäure nadelförmige Krystalle an, die mit zarten rhombischen Tafeln gemengt sind. Phosphorsaure Magnesia erscheint vor dem Säurezusatz in wohl ausgebildeten Krystallen, die durch die Säure verschwinden.

rothen Lackmuspapiers und die Entstehung weißer Nebel bei Annäherung eines mit Essig- oder verdünnter Salzsäure befeuchteten Glasstabs ergibt die Gegenwart des Ammoniak.

Will man die Erde auch auf vom Ammoniak unabhängigen Stickstoffgehalt ihrer organischen Bestandtheile prüfen, so erhitzt man etwas durch Ausziehen mit Wasser von Ammoniak und Ammoniaksalzen befreite Erde allmählig in einem unten zugeschmolzenen Glaszylinder (Reagircylinder), nachdem man dieselbe mit etwa gleichen Theilen gebrannten Kalk gemengt und die Öffnung des Cylinders lose mit einem Kork bedeckt, woran ein Streifen rothes Lackmuspapier befestigt ist. Sind stickstoffhaltige Körper da, so wird das Lackmuspapier von dem daraus entstehenden Ammoniak blau gefärbt.

Das Eisen wird aus der (am besten von den erdigen Basen schon befreiten) neutralen Flüssigkeit mittelst Gallustinctur, wenn es Drydul ist, als violetter, nachher blauschwarzer, wenn Dryd, sogleich als blauschwarzer Niederschlag gefällt. Durch Kaliumeisencyanür (Blutlaugensalz) wird Drydul weiß oder hellblau, das Dryd schön dunkelblau gefällt. Bei Gegenwart von Kalk wird auch dieser vom Blutlaugensalz zum Theil gefällt als weißer Niederschlag, welcher sich aber in vielem Wasser wieder auflöst unter Zurücklassung des Eisenniederschlags für sich.

Das Mangan wird erkannt, wenn man die noch eisenhaltige Flüssigkeit mit Chlorammonium und Ammoniak versetzt, wobei alles Eisenoryd als Hydrat gefällt wird, während das Manganoxydul als ammoniakalisches Doppelsalz in Auflösung bleibt, oder man fällt das Eisen mit bernsteinsaurem oder benzoesauerm Ammoniak- oder Natronsalz. Das in Auflösung bleibende Mangan wird hierauf mit Ätkali als weißer, an der Luft bald gelb und allmählig schwarz werdender, durch Chlorkalkauflösung sogleich als braunschwarzer Niederschlag gefällt, wovon eine sehr kleine Menge mit Borax oder Phosphorsalz in der Drydationsflamme des Löthrohrs ein schön amethystfarbenes Glas bildet, welches in der Reductionsflamme farblos wird. Zu viel Mangan färbt das Glas schwarz. — Durch Erhitzen der Flüssigkeit mit verdünnter Salpetersäure und etwas Bleihyperoxyd erkennt man, nach Crum, noch gegen  $\frac{1}{1000}$  Mangan an der purpurrothen Färbung der entstehenden Übermangansäure.

Auf Kupfer könnte man prüfen, indem man eine größere Menge der noch nicht auf andere Salze bearbeiteten Flüssigkeit schwach ansäuert und mit Schwefelwasserstoffgas behandelt. Ein schwarzer Niederschlag kann hier nur Schwefelkupfer oder -Blei sein. Man löst den abgelagerten und durch öfteres Decantiren ausgewaschenen Niederschlag in concentrirter Salpetersäure. Bildet eine Probe davon mit Schwefelsäure einen weißen, in Säuren unauflöslichen Niederschlag, so ist Blei vorhanden. Man prüft dann andere Theile davon mit Blutlaugensalz, welches bei vorhandenem Kupfer einen braunrothen Niederschlag erzeugt, mit Ammoniak, welches die Flüssigkeit tief dunkelblau färbt, und stellt in eine andere Portion ein blankes Eisenstück, so bedeckt sich dies mit einem Überzug von metallischem Kupfer.

Die mit Wasser ausgezogene Erde wird mit concentrirter Salzsäure gekocht. Der salzsaure Auszug kann enthalten:

- 1) Kohlensauren Kalk und Magnesia.
- 2) Mangan- und Eisen-Dryd und -Drydul für sich, oder als Silicate, nun als Chloride oder Chlorüre gelöst.
- 3) Gyps, wenn er in so großer Menge vorhanden war, daß, um ihn vollständig durch Wasser auszuziehen, vermöge seiner Schwerlöslichkeit (1 in 462) zu lange Zeit nöthig gewesen wäre.
- 4) Basische Phosphate von Kalkerde, Eisenoxyd und Eisenoxydul.
- 5) Silicate von Thonerde, Kali und Natron, nun als Chloride. Man reagirt auf diese Basen und ihre Säuren in der oben angegebenen Weise.

Um die Thonerde zu finden, wird die Lösung mit kohlensaurem Kali gefällt; ein Zusatz von Alkali löst unter Zurücklassung aller übrigen Basen die Thonerde wieder auf. Nach dem Filtriren wird die Thonerde durch Säure als weißer gelatinöser durchscheinender Niederschlag gefällt, welcher sich in überschüssiger Säure wieder auflöst. Ein Theil des Niederschlags getrocknet und mit salpetersaurer Kobaltlösung vor dem Löthrohr behandelt, färbt sich schön schmalteblau.

Die Kiesel Erde bleibt beim Ausziehen mit concentrirter Salzsäure zurück. Man behandelt daher den Rückstand mit Alkalilösung, welche die Kiesel Erde auflöst. Sie wird durch concentrirte Salzsäure als weißer gelatinöser Niederschlag gefällt, welcher sich in vielem Wasser wieder auflöst.

Das Eisenoxyd bildet auf Zusatz von Kaliumeisencyanür einen dunkelblauen, das Drydul einen hellblauen Niederschlag. Die Lösung des ersteren wird durch Kaliumeisencyanid gar nicht gefällt, sondern nur roth gefärbt, die des Dryduls dagegen dunkelblau gefällt.

Nachdem man sich so durch die qualitative Analyse mit der Art der vorhandenen Bestandtheile bekannt gemacht hat, geht man zur quantitativen Analyse oder zur Bestimmung der Menge der einzelnen vorgefundenen Bestandtheile über.

Genauere  
quantitative  
Analyse des  
Bodens.

Die Zerkleinerung der Erde, so wie die Absonderung der Steine bleibt wie bei der Analyse zu praktischen Zwecken.

Zur Bestimmung des Wassergehalts wird eine lufttrockene Probe gewogen und darauf im Wasserbade getrocknet. Dann wird davon eine kleinere Probe in einem am einen Ende zugeschmolzenen Glasröhrchen gewogen und im Ölbade bis 130° C. erhitzt, bis sie nicht mehr am Gewichte verliert, wonach dann der Wassergehalt auf das Ganze berechnet wird.

Bestimmung  
der organi-  
schen Bestand-  
theile.

Diese Probe wird nun sogleich auf den Gesamtgehalt an organischen Bestandtheilen untersucht. Hierzu wird gewöhnlich vorgeschrieben, man solle bis zur vollkommenen Verbrennung in einem offenen Tiegel glühen. Allein eine solche Verbrennung, namentlich bei so großer Menge von luftzutrittshinderndem feuerbeständigen Stoff, wie hier, ist außerordentlich zeitraubend und dabei ist man nie sicher, daß keine unver-

braunte Kohle mehr vorhanden ist. Bei Zusatz von Salpetersäure gelingt die Verbrennung sehr schnell, allein man erhält hierbei kein richtiges Resultat, weil eine unbekannte Quantität von verschiedenen Carbonaten erst in salpetersaure, dann in freie Basen verwandelt wird.

Dasselbe ist der Fall bei Zusatz von salpetersaurem Kali, weil dieses nur zum Theil in kohlen saures, das überschüssige aber (wozu die Kohle nicht hinreicht) in freies Kali verwandelt wird (vgl. S. 225). Man bedient sich daher am zweckmäßigsten des salpetersauren Ammoniak, welches sich in der Hitze vollständig verflüchtigt.

Man erhitzt die abgewogene, im Dübade getrocknete Erde in einem geräumigen Platin- oder Silbertiegel und setzt so lange salpetersaures Ammoniak in kleinen Portionen unter öfterem Umrühren zu, als noch eine Verpuffung erfolgt. Das Salz muß aber trocken sein und der Tiegel glühen, sonst verdampft es, ohne zu verpuffen. Will man einen Porzellantiegel anwenden, so muß man, namentlich Anfangs, sehr kleine Portionen eintragen, weil er leicht springt.

Die Erhitzung darf aber nur ein dunkles Rothglühen erreichen, weil sonst die kohlen saure Kalk- und Bittererde ihre Kohlensäure fahren lassen. Um sicher zu sein, daß dies nicht geschehen sei, kann man die geglühte Erde mit einer Auflösung von kohlen saurem Ammoniak befeuchten und stark austrocknen, ohne jedoch bis zum Glühen zu erhitzen. Dabei nehmen diese Erden ihre verlorene Kohlensäure wieder auf. Findet man daher das Gewicht vermehrt, so muß diese Operation so oft wiederholt werden, bis zwei aufeinander folgende Wägungen ein gleiches Resultat geben, worauf man dann die Gewichtszunahme von dem ersten Glühverluste abziehen hat.

Trotz aller Vorsicht bleibt aber bei dieser Methode ein theilweiser oder vollständiger Verlust an Hydrat- und Krystallwasser der anorganischen Bestandtheile und die Zersetzung der salpetersauren und schwefelsauren Salze durch die verkohlten organischen Stoffe unvermeidlich. Am sichersten begegnet man noch diesen Übelständen durch Bestimmung der organischen Bodendbestandtheile mittelst der Elementaranalyse (s. S. 272).

Man findet durch die Verbrennung den Gesamtgehalt der Erde an Pflanzenüberresten, verwesten sowohl als noch unveränderten, wovon man aber das später noch zu ermittelnde Gewicht der vorhandenen Ammoniaksalze abziehen muß, und schreitet nun zur Ausscheidung desjenigen, was hiervon an Humus säure, Humuskohle, Wachs und Harz vorhanden ist, nach deren Abzug das Gewicht der unverwesten organischen Substanzen zurückbleibt.

Zur Bestimmung der Humus säure digerirt man etwa 1000 Gran Erde mit einer Auflösung von kohlen saurem Natron mehrere Stunden bei + 70—80° C., wäscht sie auf einem Filter so lange aus, als das Ab laufende gefärbt ist, fällt die Humus säure aus der Flüssigkeit mit Salzsäure, wäscht auf zwei ineinander gesteckten Filtern von gleichem Gewicht aus bis zum Aufhören der starksauren Reaction, denn eine schwachsaure

Bestimmung  
der  
Humus säure.

Reaction kann von Humusäure herrühren. Die getrocknete Humusäure wird sodann gewogen, hierauf, sammt dem inneren Filter, wie oben angegeben, verbrannt und die Asche gewogen, dann das äußere Filter ebenfalls, aber für sich verbrannt und das Gewicht seiner Asche von der vorigen abgezogen. Der Rest ist das Gewicht der zugleich mit der Humusäure durch das kohlensaure Natron aus der Erde ausgezogenen Substanzen. Man zieht denselben von dem Gewichte der unverbrannten Humusäure ab.

Bestimmung  
der  
Humuskohle.

Zur Bestimmung der Humuskohle verwendet man den beim Ausziehen der Humusäure bleibenden Rückstand. Da man ihn aber nach dem Trocknen nicht wieder vollständig vom Filter herunterbringt, so nimmt man davon, nachdem man ihn zur Vermeidung von Ungleichartigkeit, sorgfältig gemengt hat, die Hälfte oder ein Viertel, kocht ihn einige Stunden mit mäßig concentrirter Kalilauge unter Ersetzung des verdampfenden Wassers, verdünnt dann mit Wasser, filtrirt, wäscht aus, so lange das Wasser noch gefärbt durchgeht. War die Menge der Humuskohle, was sich schon vom Ansehen ergibt, bedeutend, so zieht man den auf dem Filter lufttrocknen gewordenen Rückstand noch ein- oder zweimal mit Kali aus und filtrirt wieder durch das nämliche Filter. Die so erhaltene Humusäure wird nun gefällt und eingedampft, wie oben bei Bestimmung der Humusäure angegeben wurde, und man kann dann für das gefundene Gewicht der Humusäure ein gleiches Gewicht Humuskohle in Rechnung bringen.

Auszug mit  
Äther.

Um nun die wachsartigen und harzigen Bestandtheile, so wie den Humusgehalt des Bodens einzeln zu bestimmen, zieht man zunächst eine Quantität der Erde, deren Größe sich aus der qualitativen Analyse bemessen lassen wird (etwa 2000—4000 Gran) mit Äther aus in einem Verdrängungsapparate (s. S. 58). Man destillirt den Äther ab bis auf einen kleinen Rückstand, den man auf einem zuvor gewogenen Uhrglase vollends freiwillig verdunsten läßt. Das Gewicht des Rückstandes ergibt den Gehalt des Bodens an wachsartigen Stoffen.

Auszug mit  
absolutem  
Alkohol.

Ebenso zieht man mit möglichst wasserfreiem Weingeist aus. Von dem Auszug, welcher Harz (besonders bei Haideboden), Chlor, Calcium und Magnesium enthält, wird der Weingeist bis auf eine geringe Menge abdestillirt, der Rückstand mit Wasser verdünnt, das gefällte Harz abfiltrirt und gewogen und die Kalkerde mit oxalsaurem Ammoniak, die Bittererde aber durch Kochen mit kohlensaurem Kali niedergeschlagen, getrocknet, gewogen und auf Chlorverbindungen berechnet.

Bestimmung  
des Stickstoff-  
gehalts der in  
dem Boden  
enthaltenen  
organischen  
Substanzen.

Zur Bestimmung des in den organischen Substanzen des Bodens befindlichen Stickstoffgehalts mengt man eine bedeutende Quantität (5000 bis 6000 Gran) Erde mit dem gleichen Gewichte Kalkhydrat, bringt sie schnell in eine mit Gasleitungsrohr versehene beschlagene Retorte und leitet das beim Erhitzen erhaltene Gas in schwach mit Salzsäure angesäuertes Wasser, in welches man etwas Lackmuspapier bringt. Es entweicht hierbei nicht bloß das Ammoniak, welches durch Erhitzen der Kalkerde mit stickstoffhaltigen Körpern entsteht, sondern auch das in den Ammoniaksalzen des Bodens enthaltene, was man daher am Ende der Arbeit in Abzug

bringen muß, und bildet mit der Salzsäure Chlorammonium, welches man durch Abdampfen, zuletzt bei sehr gelinder Wärme auf einem Uhrglase oder als Niederschlag mit Platinghlorid bestimmt und den Stickstoffgehalt daraus berechnet. Ist dieser sehr bedeutend, so wird das Lackmuspapier am Ende blau und man muß daher neue Salzsäure zusetzen.

Hierauf zieht man die Erde mit wässerigem Weingeist (von etwa 30%) aus. Der Auszug enthält die Chlorete der Alkalien. Das Kali wird durch Weinsäure aus der durch Abdampfen concentrirten Flüssigkeit gefällt, das Natron durch Auflösung von neutralem antimonfauren Kali.

Auszug mit wässerigem Weingeist.

Die Erde wird sodann mit Wasser ausgezogen. Der Auszug enthält die Carbonate, Sulphate, Nitrate und Phosphate der Alkalien, den Gyps und die kleine Quantität phosphorsauren Kalk-erde, welche sich in Humusäure auflöst.

Auszug mit Wasser.

Die Flüssigkeit wird zur Sättigung der Carbonate mit Essigsäure versetzt und abgedampft. Weingeist zieht das als Carbonat vorhanden gewesene, nun essigsaure Kali, Natron und Ammoniak aus. Der Weingeist wird abdestillirt, der Rückstand wird mit Aetzkalk in einer geräumigen Retorte mit einer Vorlage destillirt, welche Salzsäure enthält; letztere verbindet sich mit dem Ammoniak. Das Destillat wird mit Platinghlorid versetzt, eingetrodnet und aus dem Rückstand das überschüssige Platinghlorid mit Alkohol ausgezogen, getrocknet, gewogen und die Menge des kohlensauren Ammoniaks daraus berechnet.

Oder man bringt statt Salzsäure (nach Anthon) Alkohol in die Vorlage, welcher das Ammoniak absorhirt. Um zu sehen, ob kein Ammoniak mehr übergeht, wechselt man die Vorlage mit einer anderen mit frischem Alkohol, und prüft dann, ob der Alkohol noch eine weiße Trübung mit Schwefelsäure gibt von schwefelsaurem Ammoniak, welches in Alkohol unlöslich ist. Ist dies nicht mehr der Fall, so neutralisirt man das Ammoniak so vollkommen als möglich, löst den Niederschlag in Wasser, fällt dann die Schwefelsäure durch Chlorbaryum und berechnet aus der Schwefelsäure das Ammoniak.

Vom Rückstande in der Retorte wird die ungelöste Kalkerde abfiltrirt, ausgewaschen, die aufgelöste Kalkerde durch oxalsaures Ammoniak gefällt, die Flüssigkeit eingetrodnet, der Rückstand geglüht, die nun kohlensauren Alkalien (Kali und Natron) werden gewogen, aufgelöst, das Kali durch Weinsäure gefällt, aus der Menge des Niederschlags die des kohlensauren Kali berechnet und letztere von dem Gesamtgewichte der geglühten Masse abgezogen, so bleibt die Menge des kohlensauren Natrons als Rest, oder man fällt letzteres mit neutralem antimonfauren Kali.

Die zum Ausziehen der essigsauren Salze mit Weingeist behandelte Masse wird, um die Nitrate in Carbonate zu verwandeln, mit etwas Kienrus<sup>1)</sup> gemengt, zum dunkeln Rothglühen, aber nicht stärker erhitzt,

1) Etwaiger Ueberschuß kann zuletzt wieder durch Erhitzen mit salpetersaurem Ammoniak entfernt werden, wie oben (S. 583) angegeben wurde.

damit nicht auch die Sulphate zersezt werden, dann werden die Carbonate wieder mit Essigsäure neutralisirt, und weiter wie oben behandelt und geschieden.

Aus dem Rückstande, welcher jetzt nur noch die Sulphate und Phosphate enthält, wird mit essigsaurer Kupferorydauflösung die Phosphorsäure gefällt, filtrirt und aus dem Gewichte des phosphorsauren Kupferoryds die Quantität der Phosphorsäure berechnet, hierauf das Filtrat durch Schwefelwasserstoffgas von überschüssig zugelegtem Kupfer befreit, filtrirt, durch Kochen von überschüssigem Schwefelwasserstoffgas befreit, filtrirt und dann nicht ganz zur Trodne eingedampft, mit Weingeist die essigsauren Salze ausgezogen, filtrirt, der Weingeist abdestillirt und dann mit den essigsauren Salzen weiter wie oben verfahren.

Die beim Filtriren des weingeistigen Auszugs zurückbleibenden Sulphate von Kali, Natron, Ammoniak und Kalk werden, wie oben angegeben, geschieden.

Auszug mit  
sehr verdünnter  
Salpetersäure.

Die mit Äther, absolutem und wässerigem Weingeist, so wie mit Wasser ausgezogene Erde wird nun mit einem Gemisch von 1 Theil Salpetersäure und 100 Th. Wasser übergossen, und bei gewöhnlicher Temperatur einige Zeit stehen lassen. Wenn sich kein Aufbrausen mehr zeigt, obgleich die Flüssigkeit Lackmuspapier stark röthet, so wird letztere abgossen. Diese verdünnte Säure entzieht der Erde nur die kohlensaure Kalk- und Talkerde, möglicher Weise jedoch auch zum Theil phosphorsaure Kalk-, Talk- und Thonerde, wenigstens werden dieselben im frisch gefällten Zustande von der Salpetersäure bei diesem Grade der Verdünnung aufgelöst, während die Phosphate des Eisenoryds und -Dryduls einer minder verdünnten Säure zu ihrer Auflösung bedürfen<sup>1)</sup>.

Man wiegt einen Theil der Flüssigkeit ab, um diesen mit salpetersaurem Silber, oder einem Magnesiumsalz nach dem Neutralisiren mit Ammoniak auf Phosphorsäure zu prüfen. Ist letztere vorhanden, so trodnet man die übrige Auflösung ein und löst den Rückstand in Weingeist, welcher die ursprünglich kohlensaure, nun salpetersaure Kalk- und Talkerde auszieht, so bleiben die phosphorsauren Salze zurück, die man dann abfiltrirt, trodnet und wiegt, mit Essigsäure die phosphorsaure Kalk- und Talkerde auszieht, aus diesem Auszug die erstere durch oxalsaures Ammoniak, letztere durch Ammoniak als phosphorsaure Ammoniaktalkerde fällt; der Rückstand ist Thonerdephosphat.

1) Essigsäure löst bloß die Phosphate von Kalk- (krystallisirte und ebenso auch geglühte phosphorsaure Talkerde, wie die der Knochenasche, wird nach Mitscherlich und nach Du Renil selbst bei 80° (C. ?) getrodnete nicht davon gelöst) und Talkerde (vgl. S. 246) unter Zurücklassung der Phosphate des Eisenoryds und -Dryduls. In einer essigsauren Eisenoryd enthaltenden Flüssigkeit löst sich nach Mitscherlich das phosphorsaure Eisenoryd, kann aber durch Zerlegung der essigsauren Verbindung mittelst Phosphorsäure oder einer andern Säure wieder gefällt werden.

Die mit Äther, absolutem und wässrigem Weingeist, mit Wasser und verdünnter Salpetersäure behandelte Erde wird nach dem Auswaschen und Trocknen gewogen und mit concentrirter Salzsäure gekocht. Die Salzsäure zieht aus das freie Eisenoryd und das kohlensaure Eisenorydul, das Manganoryd, die von der verdünnten Salpetersäure nicht ausgezogenen Phosphate von Kalk, Talk, Thonerde, Eisenoryd- und Manganorydul, so wie das Thonerdesilicat. Die Flüssigkeit wird sammt dem ungelösten Rückstande zur Trockne abgedampft, um in Auflösung gegangene Kiesel-erde unlöslich zu machen, und dann durch mit Salzsäure angesäuertes Wasser ausgezogen.

Auszug mit  
concentrirter  
Salzsäure.

Die Hälfte der Flüssigkeit wird durch überschüssiges Kali gefällt, wobei bloß die Thonerde gelöst bleibt, filtrirt, ausgewaschen, der Rückstand wieder in Säure aufgelöst, und durch Kaliumeisencyanid das Eisenorydul gefällt und bestimmt, wobei das Eisenoryd gelöst bleibt. Mangan kann im freien Zustande nur als Dryd im Boden vorkommen und demnach hier als Chlorid, welches in so verdünnter Lösung und bei einigem Ueberschuß des Fällungsmittels nicht gefällt wird<sup>1)</sup>.

Die andere Hälfte der Flüssigkeit wird nach dem Aufkochen mit Salpetersäure, um etwa vorhandenes Eisenorydul in Dryd zu verwandeln, durch Ammoniak gefällt, durch Ätzkali die phosphorsaure und freie Thonerde wieder aufgelöst und filtrirt. Die Phosphorsäure von der Thonerde abzuscheiden, ist etwas schwierig. Nach Otto soll man diesen Zweck indeß leicht erreichen, wenn man die Lösung mit einer hinreichenden Menge Weinsäure verfest, kauftisches Ammoniak und dann eine Lösung von Chlormagnesium so lange zusetzt, als noch phosphorsaure Ammoniak-alkerde niedersinkt. Man filtrirt hierauf, fällt die überschüssig zugesetzte Kalkerde durch Ätzkali, filtrirt wieder, sättigt das Kali mit Schwefelsäure oder Salzsäure, und fällt dann die freie Thonerde mit kohlensaurem Kali.

Der oben erwähnte, durch Ammoniak erhaltene Niederschlag, aus dem die Thonerde durch Ätzkali ausgezogen wurde, wird mit Essigsäure ausgezogen. Diese essigsaure Auflösung enthält Eisenoryd, Manganorydul-, Kalkerde- und Magnesiaphosphat, während Eisenorydphosphat und etwaiges Manganoryd ungelöst bleiben. Man trocknet und wiegt den Rückstand, und zieht daraus durch essigsaures Eisenoryd das Eisenorydphosphat aus (vgl. S. 586 Anm.), so bleibt das Manganoryd für sich zurück.

Aus der essigsauren Auflösung wird nun die Kalkerde durch oxal- saures Ammoniak gefällt. Die Flüssigkeit, welche jetzt nur noch Eisenoryd, Manganoryd und Magnesia enthält, wird mit Essigsäure angesäuert,

1) Nach Wackenroder wird Eisenoryd durch Kochen mit einer hinreichenden Menge essigsaurem Natron aus seinen Auflösungen vollkommen gefällt, während gleichzeitig vorhandene Eisenorydul- und Manganorydulsalze, so wie die Salze der alkalischen Erden gelöst bleiben. Jedoch darf keine Thonerde vorhanden sein, weil diese ebenfalls theilweise abgescieden wird. Auch Phosphorsäure wird mitgefällt. Pharm. Centralbl. 1838. S. 674.



das Eisen und Mangan durch phosphorsaures Ammoniak gefällt, diese, wie oben angegeben, geschieden und filtrirt. Der Niederschlag wird mit Schwefelkalium oder Schwefelwasserstoffschwefelammonium behandelt, abfiltrirt, ausgewaschen, in Salzsäure gelöst, die Lösung mit Chlorammonium versetzt, das Eisen durch Ammoniak gefällt, das Manganoxydul wird durch Chlorkalkauflösung als Oxyd gefällt und daraus das Oxydul berechnet. Aus der essigsauren Auflösung wird durch Neutralisiren mit Ammoniak die Magnesia als phosphorsaure Ammoniakmagnesia abgeschieden.

Auszug mit  
kohlen-  
saurem  
Natron.

Der beim Ausziehen der Erde mit Salzsäure gebliebene Rückstand wird mit einer Auflösung von kohlensaurem Natron gekocht, wodurch die Kiesel-erde, welche an die Thonerde gebunden war, aufgelöst wird. Man übersättigt die Auflösung mit Salzsäure, trocknet, wäscht mit Wasser aus, trocknet wieder und wiegt. Was beim Ausziehen mit kohlensaurem Natron zurückbleibt, ist im Allgemeinen Quarzsand. Hätte man noch andere Silicate, wie Feldspath, Granit u. zu vermuthen, so müßten diese durch Schmelzen mit Soda oder kohlensaurem Kali zersetzt werden.

Bestimmung  
eines  
Bestandtheils  
eines Bodens.

Will man bloß einen oder den anderen Bestandtheil der Erde bestimmen, so wird man ihn durch das entsprechende Lösungsmittel ausziehen, und dann die Säure oder Basis fällen, oder, wo es nöthig ist, beide; jede für sich in einem gesonderten Theile des Auszugs, oder wo es angeht, nach einander in derselben Flüssigkeit.

Bestimmung  
der Kohlen-  
säure in den  
Bestand-  
theilen des  
Bodens.

Um die Quantität der Kohlensäure zu bestimmen, rührt man eine abgewogene Menge Erde mit Wasser zur dünnflüssigen Masse an, bringt das Gefäß nebst einem anderen Gefäße mit etwa der 3fachen Menge (von der Erde) concentrirter Salzsäure auf einer empfindlichen Wage mit auf die andere Schale gelegten Gewichten ins Gleichgewicht, und setzt so lange von der Salzsäure allmählig unter Umrühren der Erde zu, als diese noch braust. Der entstehende Gewichtsverlust ist das Gewicht der Kohlensäure. Das Eintragen der Säure muß langsam und in einem geräumigen Gefäße geschehen, um Verlust von Flüssigkeit durch Spritzen zu verhüten. Um ein sehr genaues Resultat zu erhalten, verfährt man wie bei der Prüfung der Pottasche nach Fresenius und Will (s. unten).

Bestimmung  
der Salpeter-  
säure.

Um die Menge der Salpetersäure zu bestimmen, fällt man aus dem wässerigen Auszuge einer gewogenen Erdmenge die Humus- und andere organischen Stoffe, weil diese auf freie Salpetersäure zersetzend einwirken, durch Alaunauflösung und kohlensaures Kali, filtrirt, setzt Salzsäure zu und kocht die Flüssigkeit mehrere Stunden mit Blattgold, filtrirt und wäscht das ungelöste Gold ab, fällt das gelöste Gold mittelst schwefelsauren Eisenoxydul, wäscht mit kochender Salzsäure und darauf mit Wasser. Ein Doppelatom aufgelöstes Gold entspricht einem Atom Salpetersäure. Oder man setzt der Flüssigkeit nebst Salzsäure eine gewogene Menge Quecksilberchlorür zu und kocht so lange, als die Dämpfe noch nach Stickoxydgas riechen. Das ungelöste Chlorür, wovon sich ein Theil auf Kosten der Salpetersäure in Chlorid verwandelt und sich aufgelöst hat, wird

gewaschen, scharf getrocknet und gewogen. 3 Atomen aufgelösten Chlorürs entspricht 1 Atom zersepter Salpetersäure.

Zur Bestimmung der Salzsäure dampft man den mit wässrigem Weingeist erhaltenen Auszug zur Trockne ab, erhitzt zum dunklen Rothglühen mit etwas salpetersaurem Ammoniak, um die organischen Substanzen zu verbrennen, übersättigt mit Salpetersäure, um die gleichzeitige Fällung der Phosphorsäure zu hindern, und fällt mit salpetersaurer Silberorydauslösung.

Bestimmung  
der Salzsäure

Zur Bestimmung der Phosphorsäure verfährt man ebenso, nur muß bei der Fällung mit salpetersaurem Silberoryd die Flüssigkeit neutral sein. Aus dem abfiltrirten Niederschlag zieht man das phosphorsaure Silber durch Salpetersäure aus, filtrirt und fällt letzteres wieder durch Ammoniak.

der Phos-  
phorsäure,

Um die Schwefelsäure zu bestimmen, fällt man mit Barytsalzlösung und zieht aus dem Niederschlag den phosphorsauren Baryt durch Salpetersäure aus.

der Schwefel-  
säure.

Die Bestimmung der Humussäure, Kieselsäure und der verschiedenen Basen ergibt sich hinlänglich aus dem Vorhergehenden.

Man kann auch bei der vollständigen Analyse des Bodens so verfahren, daß man alle Säuren und Basen einzeln für sich bestimmt und dann beide nach den Gesetzen der Verwandtschaft zu Salzen gruppirt. Man theilt daher z. B. die Schwefelsäure dem Kalk zu, und wenn davon mehr vorhanden, als zu dessen Sättigung nöthig ist, dem Kali, dann dem Natron, das Chlor zuerst dem Kalium, dann dem Natrium, Calcium, Magnesium und Aluminium, die Salpetersäure gewöhnlich dem Kali, Ammoniak oder Kalk, die Humus- und Phosphorsäure den Basen, welche die angeführten Säuren übrig lassen, der Kalk- und Thonerde, dem Eisen- und Manganoryd u. Man kürzt dadurch das ganze Verfahren bedeutend ab, allein man erhält dabei nur ein wahrscheinliches Resultat, und beschränkt sich dann auch gewöhnlich darauf, in der Angabe des Resultats Säuren und Basen einzeln für sich aufzuführen.

Beispiele von Analysen verschiedener Bodenarten liefert folgende Tabelle. Sie sind, mit Ausnahme zweier (von Scherer und Reuter), der des Nil- und Marneschlammes von Lassaigue und zweier anderen Schlammarten von Piddington, sämmtlich von Sprengel.

## Analysen verf.

100 Theile:	Kiesel- erde u. Sand	Thon- erde	Eisen- oxyd u. Oxydul	Mang- an- oxyde	Kalk- erde	Fei- er
Unfruchtbarer strenger Thonboden bei Braun- schweig . . . . .	80,140	11,000	6,180	Spuren	fehlend. 0,200	0,1
Fruchtbarer Flußmarschboden bei Hoya . . . . .	71,849	9,380	5,410	0,925	0,987 fehlend. 3,85	0,1 fehlend. 1,2
Kilfschlamm, nach Laffaigne . . . . .	42,50	24,25 eisenhalt. Thon	13,65	1,05	fehlend. 37,96 fehlend. 6,125	fehlend. 0,3
Marneschlamm, nach Laffaigne . . . . .	33,3	23,38				
Schlamm von Marnedat in Ostindien, nach Piddington . . . . .	78,000	3,250	6,000			
Schlamm von Mohatpur in Ostindien, nach Piddington . . . . .	69,500	7,375	6,000		8,250	
Unfruchtbarer Lehmboden von Wandhausen bei Braunschweig . . . . .	90,085	1,976	4,700 Oxyd und 1,115 Oxydul	0,240	0,022	0,11
Fruchtbarer, humusreicher Lehmboden bei Witten- tingen . . . . .	83,298	4,128	2,968	0,280	1,994	0,2
Fruchtbarer sandiger Lehmboden bei Braunschweig, mit Gyps gedüngt . . . . .	94,274	1,560	2,496	0,240	0,400	0,2
Untergrund desselben, bis zur Tiefe von 1½ Fuß Kesselfiger Boden bei Witten . . . . .	95,146 98,870	1,416 1,248	2,528 1,418	0,320 0,360	0,297 0,546 fehlend. 37,730 fehlend. 27,430 fehlend. 27,342	0,2 0,3 fehlend. 1,13 fehlend. 2,08 fehlend. 3,56
Fruchtbarer Kesselfiger Boden vom südlichen Harzrande bei Ballenried . . . . .	69,592					
Kalkboden vom Steinberge bei Würzburg, unter- sucht von Scherer . . . . .	58,436	7,132	4,768			
Kalkboden vom Pfaffen bei Würzburg, untersucht von Reiter . . . . .	58,657	5,700	6,852 phosphor- saures			
Unfruchtbarer Sandboden bei Braunschweig . . . . .	94,502	1,985	1,627	Spuren	Spuren	0,36
Fruchtbarer humusreicher Sandboden bei Braun- schweig . . . . .	91,444	0,065	1,200	0,520	0,202	0,28
Lehmiger Sandboden bei Braunschweig . . . . .	95,698	0,504	2,496	Spuren	0,038	0,14
Untergrund desselben bis zur Tiefe von 2 Fuß . . . . .	96,880	0,890	1,496	Spuren	0,019	0,28
Unfruchtbarer Moorboden bei Zürich in Ost- schweiz . . . . .	70,576	1,060	0,258	Spuren	Spuren	0,02
Lehmiger Untergrund desselben, 3 Fuß tief, gerü- het zur Verbesserung der Acker verwendbar . . . . .	95,190 Sand und Thon	2,520	1,460	0,048	0,336	0,12
Gegenannte Schotterde des Hochmoorlandes bei Giffhorn, entkalkt aus verwestem Halbetraut 100 Theile Schotterde geben 8 Asche, 100 Asche enthalten . . . . .	77,400	68,000	13,700	1,800	Spuren	0,300
Haldeboden bei Braunschweig . . . . .	71,504	0,780	0,420	0,320	0,134	0,02
Uncultivirter Haldeboden bei Braunschweig . . . . .	51,337	0,528	0,398	0,005	0,220	0,06
100 Theile dieses Bodens geben 50 Asche; 100 die- ser Asche enthalten . . . . .	95,204	1,640	1,344	0,080	0,544	0,05

ner Bodenarten.

Art	Katron	Phosphorsäure, meist an Eisen gebunden	Schwefelsäure im Gyps	Chlor in Kochsalz	Kochsalzsäure	Humus-säure	Unver-estete Pflanzen- u. Thierstoffe	Stickstoffhaltige Körper	Bach-schlamm	Wasser
arten	Spuren	Spuren	Gyps 1,600	Spuren						
	0,007	0,131	1,174	0,002		1,270	7,500	2,000		0,100
						2,80 Umin-säure 0,5				10,70
	0,125					0,33	2,375			4,2
	0,250	phosphor-säure Kalkerde 0,500					2,250			1,000
	0,300	0,098	1,399	Spuren						1,000
1,033	0,001	0,166	0,069	0,002	0,440	0,789	3,250	0,960	Spuren	
	0,102		0,089	0,005		0,444	0,210			
	0,060	0,040	0,246	0,012 0,027 Gyps 0,078	Spuren Kochsalz 0,090	1,145	0,400	0,090		
0,403	0,126	Spuren	0,323	0,016		1,400				
			0,465							
0,076	0,008	f. Eisen	Spuren	0,012		1,230		2,500		
0,089	0,030	0,099	0,182	0,016		3,500				
	0,090	0,164	0,007	0,010		0,626	0,220			
	0,079	0,110	Spuren	Spuren		0,266				
Spuren	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren		11,910	Humus u. Bach-schlamm 16,200			
0,072	0,180	0,034	0,020	0,015						
						15,000			7,600	
Spuren	f. Chlor	0,500	Gyps 20,300	Kochsalz 0,200						
	0,068	0,115	0,018	0,014		9,820	14,975		1,910	
	0,010	0,066	0,022	0,014		13,210	32,100		2,040	
	0,052	0,330	0,322	0,019						

Vgl. auch die folgende Seite.

Mulder theilt in seinem „Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie“ folgende Analysen dreier Arten eines thonigen Bodens aus dem Zuydersee in Holland von C. H. von Baumhauer mit.

	1.	2.	3.
Unlösliche kieselbehaltige Thonerde und Quarzsand . . .	57,646	51,706	55,372
Lösliche Kieselrde . . . . .	2,340	2,496	2,286
Thonerde . . . . .	1,830	2,900	2,888
Eisenoxyd . . . . .	9,029	10,305	11,864
Eisenoxydul . . . . .	0,350	0,563	0,200
Manganoxydul . . . . .	0,288	0,354	0,284
Kalk . . . . .	4,092	5,096	2,480
Magnesia . . . . .	0,130	0,140	0,128
Kali . . . . .	1,026	1,430	1,521
Natron . . . . .	1,972	2,069	1,937
Ammoniak . . . . .	0,060	0,078	0,075
Phosphorsäure . . . . .	0,466	0,324	0,478
Schwefelsäure . . . . .	0,896	1,104	0,576
Kohlensäure . . . . .	6,085	6,940	4,775
Chlor . . . . .	1,240	1,382	1,418
Humussäure . . . . .	2,798	3,991	3,428
Quellsäure . . . . .	0,771	0,731	0,037
Quellsäpfsäure . . . . .	0,107	0,160	0,152
Humus, Pflanzenüberreste und chemisch gebundenes Wasser . .	8,324	7,700	9,348
Wachs und Harz . . . . .	Spuren	Spuren	Spuren
Verlust . . . . .	0,540	0,611	0,753
	100,000	100,000	100,000

Beurtheilung  
des Bodens  
nach äußeren  
Kennzeichen.

Die Zusammensetzung des Bodens läßt sich auch schon aus gewissen äußeren Kennzeichen einigermaßen beurtheilen. So erkennt man den Thongehalt eines Bodens an seiner bedeutenden Cohäsion, Zähigkeit, an dem fettigen Anfühlen desselben, Anhängen an die Zunge, an dem gierigen Einsaugen großer Wassermengen unter Entwicklung des eigenthümlichen Thongeruchs; durch sehr langsame Zertheilung in Wasser und dadurch entstehende Knetbarkeit desselben, an der grauen, bei bedeutenderem Eisengehalt gelben Farbe, an dem langsamen Austrocknen, und dadurch im Boden entstehenden Rissen und Sprüngen.

Den Lehm Boden erkennt man an dem geringeren Zusammenhang, am rauheren Anfühlen, an der leichteren Zertheilung und Zerfallen im Wasser, an der geringeren Knetbarkeit und der meist mehr röthlichen Färbung.

Den Mergel erkennt man an der völligen Unknetbarkeit, dem raschen Zerfallen im Wasser, an der mehr grauen bis grauweißen Farbe, am Aufbrausen mit Säuren.

Den Kalk erkennt man ebenfalls an dem heftigen Aufbrausen mit Säuren, an seiner Lockerheit und helleren weißlichen bis grauweißen

Färbung, die jedoch bisweilen durch Eisengehalt ins Rothe, durch bituminöse Stoffe ins Dunkelgraue übergeht, durch Mangel an Knetbarkeit und rauhes, aber feinkörniges Anfühlen.

Der Sand gibt sich zu erkennen durch den geringsten Zusammenhang, durch Knirschen zwischen den Zähnen, hartes, körniges Anfühlen, augenblickliches Zerfallen und schnelles Niedersinken im Wasser, durch helle, glasige, gelblichweiße, bei Eisengehalt rothe, durch Kalküberzug weiße, und bei Verbindung mit Humus schwarze Farbe. Die Art desselben, als Quarz-, Feldspath-, Glimmer-, Kalksand oder einem Gemenge derselben ergibt die Untersuchung mit der Lupe.

Den Humus erkennt man an der Lockerheit und Leichtigkeit des Bodens, an seinem Geruch wie frische Gartenerde, am raschen Zerfallen im Wasser, welches durch schwimmende Humustheile lange dunkel gefärbt bleibt, an seinem Schäumen beim Regen, an der schwarzen Farbe, die durchs Glühen verschwindet.

Den Eisengehalt des Bodens erkennt man durch schwächere oder stärkere gelbrothe Färbung.

Leichter gelingt die Erkennung der Hauptbestandtheile des Bodens und ihres ungefähren Mungsverhältnisses durch das **Probefschlemmen**. Man rührt die Erde mit etwa zwei Raumtheilen Wasser in einem Cylinderglase an, läßt sie dann 24 Stunden stehen, bis sie vollständig zerfallen ist, rührt dann abermals um und läßt ruhig absetzen. Man findet am Boden des Gefäßes zuerst die gröberen, dann die feineren Sandkörner, hierauf die gröberen Thon- und Kalktheile, und endlich die feineren Thon- und Humustheile, und kann aus der Mächtigkeit jeder Schicht ein für die meisten Fälle ausreichendes Urtheil über die Natur und das Verhältniß der Bodenbestandtheile fällen.

Erkennung  
der Haupt-  
bestandtheile  
des Bodens  
durch  
Schlemmen.

Auch aus dem ausschließlichen oder vorzugsweisen Vorkommen gewisser Pflanzen läßt sich auf die Beschaffenheit eines Bodens schließen.

Erkennung  
der Boden-  
beschaffenheit  
aus der Wege-  
station.

So findet man:

Auf strengem **Thonboden**: *Betonica officinalis*, *Potentilla reptans*, *Lathyrus tuberosus*, *Serratula arvensis*, *Bromus giganteus*.

Auf lockerem, mäßig feuchtem **Lehmboden**: *Aquilegia vulgaris*, *Campanula urticifolia*, *Convallaria majalis*, *Geranium phaeum*, bei größerer Humusmenge: *Oxalis acetosella*, *Asperula odorata*, *Pyrola* und *Anemone*.

Auf trockenem **Lehmboden**: *Arctium Lappa*, *Chenopodium polyspermum*, *Lactuca scariola*, *Saxifraga granulata*, *Senecio viscosus*, *Avena tenuis*, *Bromus sterilis*.

Auf unfruchtbarem sandigen **Lehmboden**: *Spartium*, *Calunna*, *Genista*, *Ononis*, *Malva sylvestris*.

Auf geschüpftem **Sandboden** mit wenig Humus: *Vaccinium*, *Arbutus*, *Fragaria*, *Veronica*, *Viola*, *Herniaria*, bei steter Feuchtigkeit **Farrenkräuter**.

**Auf trockenem mageren Sandboden:** *Elymus arenarius*, *Arundo arenaria*, *Carex arenaria*, *Dianthus arenarius*, *Verbascum*, *Festuca bromoides*, *ovina* und *glauca*, *Aira canescens* und *praecox*.

**Auf Kalkboden:** *Adonis vernalis* und *aestivalis*, *Rubus caesius*, *Bromus montanus*, *Carlina acaulis*, *Gentiana lutea* und *ciliata*, *Hippocrepis comosa*, *Hedysarum Onobrychis*, *Melica ciliata*, *Nigella arvensis*, *Polygala amarella*, *Poterium sanguisorba*, *Medicago falcata* und *minima*, *Thlaspi montanum* und *perfoliatum*, *Trifolium rubens* und *montanum*, *Teucrium montanum* und *Chamaedrys*, *Digitalis purpurea*, *Caucalis grandiflora* und *latifolia*, *Bupleurum falcatum* und *rotundifolium*, *Centaurea solstitialis*, *Pyrus Amelanchier*, *Lithospermum purpureo-coeruleum*, *Stachys annua*, *Turritis hirsuta*, *Tussilago farfara*, *Hypericum montanum*, *Prunella vulgaris*.

**Auf Mergelboden:** *Dipsacus sylvestris*, *Sherardia arvensis*, *Asclepias vincetoxicum*, *Laserpitium latifolium*, *Rubus caesius*, *Alyssum calycinum*, *Thalictrum minus*, *Medicago*-Arten, *Hypochaeris glabra*, *Tussilago farfara*, *Lotus*- und *Trifolium*-Arten, *Salvia pratensis* und *verticillata*, *Plantago*-Arten, *Carduus*-Arten, *Carlina vulgaris*, *Stachys*-Arten, *Reseda luteola*, *Euphorbia*-, *Athamanta*- und *Campanula*-Arten, *Cucubalus Behen*, *Silene nutans*, *Galiura*- und *Prunella*-Arten, *Arctium Lappa*, *Leontodon Taraxacum*, *Apargia*-Arten, *Lolium perenne*, *Phleum pratense*, *Alopecurus agrestis*, *Poa*-Arten *u.*

**Auf Gypsboden:** *Gypsophila*, *Gymnostomum curvirostrum*, *Urceolaria gypsacea*, *Vicia tennifolia*, *Astragalus cicer*.

**Auf Salzboden:** *Salicornia herbacea*, *Chenopodium maritimum*, *Plantago maritima*, *Arenaria marina*, *Glaux maritima*.

**Auf Bruchboden:** *Orchis*, *Parnassia*, *Hydrocotyle*, *Eriophorum*, *Juncus* und *Scirpus*.

**Auf Torfboden:** *Erica tetralix*, *Andromeda polifolia*, *Myrica gale*, *Ledum palustre*, *Drosera rotundifolia* und *intermedia*, *Empetrum nigrum*, *Betula pubescens*, *Vaccinium uliginosum* und *oxycoccos*, *Eriophorum latifolium*, *angustifolium* und *vaginatum*, *Holcus mollis*.

Über Beurtheilung der Bodengüte im Allgemeinen nach dem darauf befindlichen Holzwuchse vgl. Hartig's Luft-, Boden- und Pflanzenkunde in ihrer Anwendung auf Forstwirthschaft, als 1. Band von dessen Lehrb. für Förster. 8. Aufl. 1840. S. 95—101.

### **Einwirkung der Kunst auf die Gemissten Verhältnisse der Waldvegetation.**

Die Cultur der Gewächse überhaupt, oder die künstliche Beförderung des Vegetationsprocesses hat zur Aufgabe, den Pflanzen die größtmögliche Menge von Nahrung zuzuführen, also einerseits für jede Pflanze immer die Bodenart auszuwählen, welche die günstigsten Verhältnisse für ihre Ernährung darbietet, andererseits dem Boden die fehlenden Bestandtheile mit Hilfe der Kunst zu ersetzen, d. h. dem Boden die nöthigen Nahrungsstoffe

zuzuführen, oder die Bestandtheile desselben durch geeignete Behandlung in Nahrungsstoffe zu verwandeln.

Die dem Boden künstlich beigemengten Nahrungsstoffe heißen **Dünger**. Da man indessen nicht genau weiß, inwiefern der Dünger für sich, oder erst in Verbindung mit den Bestandtheilen des Bodens sich zur Pflanzennahrung gestaltet, so versteht man unter Dünger im Allgemeinen alle künstlichen Zusätze des Bodens, sie mögen für sich, oder erst in Verbindung mit den Bestandtheilen des Bodens von den Pflanzen aufgenommen werden, oder die chemische oder physikalische Beschaffenheit des Bodens zu Gunsten der Vegetation umändern, ohne selbst in den Pflanzenorganismus überzugehen, wie die von der Pflanze nicht assimilirbare Kohle, inwiefern sie die Porosität und Erwärmungsfähigkeit des Bodens bezweckt. Solche physikalisch wirkende Zusätze sowohl, als die rein chemisch wirkenden wandeln verschiedene Bestandtheile des Bodens in Nahrungsstoffe um, welche zuvor von den Pflanzen nicht assimilirt werden konnten. So werden gewisse Bodenarten erst durch Erhöhung ihrer Porosität in dem Maße zur Gasabsorption geeignet, daß sich organische und anorganische Bestandtheile derselben durch die Einwirkung dieser Gase in der erforderlichen Menge in Nahrungsstoffe umgestalten. So wird der saure, nicht assimilationsfähige Humus durch alkalische Substanzen in assimilirbare humussaure Salze verwandelt zc.

Von nicht geringerem Einflusse auf die Entwicklung der im Boden vorhandenen Pflanzennahrung ist auch die mechanische Bearbeitung desselben. Sie befähigt den Boden durch Auflockerung zur Aufnahme derjenigen Gasarten, welche theils als solche den Pflanzen als Nahrung dienen, theils durch Verbindung mit den Bestandtheilen des Bodens dieselben assimilationsfähig machen, und reinigt ferner den Boden von festen Körpern, welche der Ausbreitung der Wurzeln im Wege stehen.

Die Anwendung dieser Mittel zur Verbesserung des Bodens, welche in der Gärtnerei und Landwirthschaft in beträchtlicher Ausdehnung gestattet ist, findet in der Forstwirthschaft eine große Beschränkung. Der Boden kann hier weder mechanisch bearbeitet werden, noch eine Düngung mit organischen oder anorganischen Stoffen erhalten.

Beides muß dem Walde die **Bodenbedeckung** ersetzen, d. h. die von Jahr zu Jahr sich anhäufende Schichte organischer Überreste, welche die **Waldstreu** bildet. Bodenbedeck.

Die Bodenbedeckung hat für die Waldvegetation eine dreifache Bestimmung. Sie dient zur Erhaltung der Feuchtigkeit, zum Schutze flachliegender Nährwurzeln, und als eine Vorrathskammer, aus welcher dem Boden ein Theil der Nahrungsstoffe, die er zur Unterhaltung der Vegetation geliefert hat, zurückerstattet werden muß, wenn er nicht verarmen soll. Zweck der Bodenbedeck.

Der Ackerboden hat einer solchen Decke nicht nöthig. Ist er ein zäher, bindiger Thon- oder Lehmboden, so wird er durch die künstliche Auflockerung dem Wasser der atmosphärischen Niederschläge zugänglich, er nimmt mehr und nimmt es tiefer in sich auf, und bewahrt es daher auch



länger. Ist der Ackerboden sandig, so wird er durch Pflug und Egge mit seinen organischen Bestandtheilen tief genug gemengt, um ihm eine hinlänglich wasserhaltende Kraft zu sichern. Andererseits bilden die Ackergrünwäucher selbst in kurzer Zeit eine Bodendecke, die Forstpflanzen dagegen brauchen Jahre dazu. Während dieser Zeit gebricht es dem Boden bei der geringen Beschattung nicht nur an Feuchtigkeit, sondern er erleidet auch Verluste an Nahrungstoffen.

Bestandtheile  
derselben.

Die Decke des Forstbodens besteht gewöhnlich entweder aus abgestorbenen Pflanzen und Pflanzentheilen: Laub, Nadeln, Flechten u., oder aus lebenden Pflanzen: Haide, Heidel- und Preußelbeergesträuch, Moosen, Gräsern, Kräutern, Stauden, Sträuchern u.

Sie erhält  
den Boden  
feucht.

Lebende Pflanzen bedürfen zwar für sich selbst eine gewisse Menge Feuchtigkeit, dennoch erhalten sie den von ihnen bedeckten Boden feuchter, als wenn er dem ungehinderten Einflusse des Lichts und der Luft preisgegeben wäre, sie erhalten demnach dem Boden mehr Feuchtigkeit, als sie selbst verzehren.

Besonders geeignet sind hierzu die Moose, da sie ihren Bedarf an Feuchtigkeit größtentheils der Atmosphäre entnehmen. Daher steht ihre Vegetation im trockenen Sommer still, wo sie dem Boden zwar keine Feuchtigkeit, aber doch Schatten geben können. In der nebeligen, regnerischen Jahreszeit des Frühlings und Herbstes, wo sich ihr Wachstum belebt, wenden sie ihrem Überflusse dem Boden zu, so daß auch er sich versorgen kann. In Ermangelung der Moose sind übrigens auch andere Pflanzen noch immer eine Wohlthat für einen nahrungslosen, trockenen Boden. Statt daß sie den Boden ausmagern, geben sie demselben, wenn sie absterben, nicht bloß das zurück, was sie ihm genommen, sondern auch Alles, was sie aus der Luft assimilirt hatten.

Schädlich kann eine Bodendecke nur sein, wenn sie so dicht ist, daß sie das Wasser vorübergehender Regengüsse gar nicht mehr zum Boden gelangen läßt, wenn es in der Decke hängen bleibt und verdunstet, ohne daß den Wurzeln der Bäume etwas davon zu Gute gekommen ist.

Schützt die  
Nährwurzeln  
gegen Frost  
und Kälte

Eine andere Bestimmung der Bodendecke ist, die flachstreichenden Nährwurzeln gegen Frost und Hitze zu schützen. Schon oben (S. 460 Anm. 3) ist angegeben worden, daß sich die Wurzel vorzugsweise nach der Richtung ausbreitet, von welcher sie die meiste Nahrung erhält, wie sich aus folgenden Beispielen ergibt, welche Krussch in seinem Abriß der Bodenkunde erzählt:

Eine Reihe alter Obstbäume hatte nach keiner Seite hin so lange Wurzeln getrieben, als nach einem entfernten, erst seit einigen Jahren angelegten gutgebüngten Gemüseland, was sie erreicht und vielfältig darin sich verzweigt hatten.

Ein Strauch von *Samb. racemosa* vegetirte kräftig in dem ausgefaulten Kopfe einer alten Weide, fast fingerdicke Wurzelstränge fanden sich im ganzen hohlen Stamm, gleich gespannten Saiten.

Ein Strauch von *Rhododendron pont.*, der in einem Thontübel gepflegt, für den Winter in ein frostfreies Behältniß gebracht und für den Sommer in ein Blumenbeet eingegraben wurde, sendete jedesmal zahlreiche Wurzeln über den etwa 2 Zoll hohen Rand hinweg in den umgehenden Boden, wenn der Kübel mit so viel Erde bedeckt wurde, daß sie sich feucht erhalten konnte. Sie stiegen widernatürlich an dem Topf- rand in die Höhe und senkten sich hinter demselben wieder in den Boden. Dies wurde nicht einmal, sondern mehrere Jahre hinter einander beobachtet.

Ein Strauch des gemeinen Hollunders, an der einen Ecke eines 20 Ellen langen Stallgebäudes hatte einen einzigen Wurzelstrang zwischen der niedrigen Grundmauer und der faul gewordenen Schwelle bis ans andere Ende getrieben, wo eine Düngergrube sich befand, worin er sich versenkte und zu einem wahren Wurzelbesen sich verzweigt hatte.

Wo also den Wurzeln nicht Luft und Nahrung entgegenkommt, da mögen sie nicht eindringen. Nun ist aber ein thoniger oder lehmiger Forstboden in der Regel nur bis zu geringer Tiefe etwas mit organischen Theilen gemengt, Sandboden hat oft nur eine dünne Schale von organischen Rückständen, und tiefer gehen dann auch die Nährwurzeln der Bäume nicht. Wird diesen hochliegenden Wurzeln die Decke von Laub oder Moos entzogen, so muß es nothwendig ein Zurückbleiben des Wachstums, oder in trockenen Sommern oder kalten, schneearmen Wintern Erkrankung zur Folge haben, wenn dieser Schutz entfernt wird.

Die Decke aus jungen Schlägen entfernen; um die Wurzeln zu nöthigen, in die Tiefe zu gehen, würde nur da von Erfolg sein, wo der Boden tiefgründig wäre, dann aber unnöthig, weil es die Wurzeln von selbst thun würden.

Eine noch größere Wichtigkeit erhält aber die Bedeckung des Forstbodens als Vorrathskammer von Nahrungstoffen, aus welcher der jährlichen Vegetation Zuschüsse gemacht werden müssen, wenn der Boden nicht verarmen soll, und ist der Dünger des Waldbodens.

und gibt ihm die anorganischen Nahrungstoffe zurück.

Die Forstbenutzung überläßt dem Boden von den abgestorbenen Resten der Holzgewächse nur die Wurzeln und das jährlich abfallende Laub, oder die Waldstreu.

Den größten Werth als Düngmittel haben diejenigen dieser Überreste, welche den Waldgewächsen solche Nahrungstoffe liefern, welche dieselben auf andere Weise nur schwierig erhalten würden. Was die Pflanzen aus der Luft assimiliren, wird ihnen durch die fortwährende Erneuerung dieses Mediums stets in hinreichender Menge geboten, sie empfangen daraus den größten Theil ihrer organischen Bestandtheile, und nehmen sie auch einen nicht unbedeutenden Antheil derselben aus dem Boden auf, so scheint ihnen doch die Luft gewissermaßen das ersetzen zu können, was dem Boden an organischen Bestandtheilen abgeht. Ist auch ihr Wachsthum hierbei weniger üppig, so wird es sich doch in dem Maße vervollkommen, als dem Boden diese fehlenden Stoffe von der Pflanze selbst durch ihre abgestorbenen Theile zugeführt werden.

Anders verhält es sich mit den anorganischen Nahrungstoffen. Sie haben ihren Ursprung ausschließlich im Boden und werden darin nur äußerst langsam erzeugt. Soll daher der Boden nicht ausmagern, oder für die Vegetation völlig untauglich werden, so müssen ihm diese mineralischen Stoffe wieder in dem Verhältnisse zurückgegeben werden, daß die Bodenbenutzung in einer gewissen Zeit nicht mehr davon entzieht, als der Boden wieder erzeugen kann.

Da nun, wie wir oben gesehen haben, die holzigen Theile der Pflanzen weit weniger von diesen anorganischen Stoffen enthalten, weniger Asche liefern, als die grünen und krautartigen (etwa 1 und letztere 5 Procent), und außerdem der Hauptzweck der Forstbenutzung auch nur die ersteren betrifft, so überläßt man von ersteren dem Walde mit Recht nur die Wurzeln, und es kann die Rodung des Stochholzes um so weniger für nachtheilig angesehen werden, als die Verwesung des Holzes nur langsam vorschreitet, und bis zu seiner gänzlichen Zersetzung die Vegetation von dem Boden fern hält, welchen es bedeckt. Es entsteht im Inneren der Stöcke beim Ausschluß von Wasser und Luft durch Trockenfäule ein kohligter Humus (Humuskohle), welcher sich erst nach vielen Jahren völlig zersetzt und der Vegetation wieder zugänglich wird, während den unter dem Boden liegenden Wurzeln von dem Wasser, welches sie hier durchbringt, auch zugleich die zur Zersetzung nöthige Luft zugeführt wird.

Dasselbe, was von den Stöcken gilt, bezieht sich natürlich auch auf die von den Bäumen abfallenden Äste, welche auf dem Boden liegen bleiben. Sie tragen bei ihrer Zersetzung durch Trockenfäule wenig oder gar nichts zur Verwesung des Humus bei. Die Sammlung des Raff- oder Leseholzes kann deshalb für die forstliche Düngererzeugung so wenig einen Nachtheil herbeiführen, als die Rodung der Stöcke.

Die grünen oder krautartigen Theile der Pflanzen enthalten dagegen vorzugsweise die anorganischen Bestandtheile des Bodens, sie müssen ihm daher größtentheils wieder anheim fallen, wenn er fruchtbar bleiben soll. In der Landwirthschaft geschieht dies durch die Düngung mit Stroh und den Excrementen der Thiere, in der Forstwirthschaft durch die Erhaltung der Waldstreu und durch zweckmäßige Einwirkung auf ihre Umwandlung in Humus.

Wesil stellt hierfür nachstehende Hauptmomente auf:

- 1) Wahl der Holzgattung und Mischung der Holzarten.
- 2) Wahl der Betriebsart.
- 3) Festsetzung des allgemeinen Umtriebes und des Haubarkeitsalters der einzelnen Bestände.
- 4) Erhaltung und Erziehung von Unterholz in räumlichen Baumholzbeständen und Pflege der Bodenbedeckung überhaupt.
- 5) Durchforstung und Erhaltung der schützenden Waldmäntel.
- 6) Culturverfahren.
- 7) Erhaltung anderer Gewächse als Holz, insofern sie einen vollkommenen Humus geben.

8) Vertilgung der Gewächse, welche einen unvollkommenen Humus liefern.

9) Beschränkung des Streureichens.

1) Was die Wahl der Holzgattung betrifft, so wird diese die Holzbildung um so mehr begünstigen,

a) je dichter die Belaubung, also je mehr Laub sie abwirft und je vollkommener sie den Boden beschirmt, wie besonders die Buche, Linde, Fichte und Tanne, weniger die Hainbuche und Erle, und noch weniger die Eiche; für Blößen Bachholzer und Brombeere, weniger die Himbeere;

b) je leichter verwesbar die Blätter sind, wie die von Ahorn und Esche, nicht so die der Espe, noch weniger die der Eiche, und unter allen Laubhölzern am wenigsten die der Birke.

Doch können gewisse Verhältnisse die angeführten Eigenschaften der verschiedenen Holzarten bedeutend abändern, so übertreffen manche in der Jugend andere, denen sie im Alter darin nachstehen, ebenso kann in dieser Beziehung eine Holzart von einer anderen übertroffen werden, wenn ihr der Boden weniger entspricht, als der letzteren.

Nur wenige Holzarten können daher in reinen Beständen gezogen werden, wie auch die Natur dieselben immer so mischt, daß die Bodenverbesserung darunter nicht leidet.

2) Was die Betriebsart angeht, so ist der Hochwald der Humuserzeugung am meisten günstig, am wenigsten dagegen der Kopsholzbetrieb in kurzem Umtriebe, weil der geschlossene Baumholzbestand mehr Laub liefert, als der Niederwald, und bei letzterem bei jedem Abtriebe die Humusbildung unterbrochen wird und das Kopsholz den Boden noch weniger schirmt, als der Niederwald. Abhänge, namentlich gegen Süd- und Südwest werden dagegen vom Laubholzhochwald zu wenig gegen das Abfließen des lockeren Bodens geschützt, es verdient hier der dichte Niederwald oder geschlossene Fichtenwald den Vorzug, dessen dichte Belaubung die atmosphärischen Niederschläge zertheilt und mit seiner flachen, gewöhnlich zu Tage gehenden Bewurzelung das Abschwemmen verhindert.

Unter allen Betriebsarten zeigt sich der Hackwald der Humusbildung am verderblichsten, da der lückenhafte Holzbestand den Boden wenig schirmt und düngt, und das Abschälen und Ausbrennen der Bodenbedeckung mit abwechselndem Getreidebau den Boden erschöpft, der Humusgehalt eines Sandbodens aber schon durch Bloßliegen, noch mehr aber durch Auflöckerung rasch verzehrt und austrocknet, und daher nur von einem Boden getragen wird, der äußerst fruchtbar, von Natur reich an mineralischen Nahrungstoffen ist.

3) Auch die Festsetzung des allgemeinen Umtriebes ist von größter Wichtigkeit. Durch jeden Abtrieb wird nicht blos der Blattfall unterbrochen, sondern auch die Laubbedeckung der letzten Jahre durch Austrocknen und Verwehen vom Winde der Zersetzung entzogen. Je länger daher der Umtrieb ist, desto vortheilhafter ist dies der Humuserzeugung, vorausgesetzt, daß der Bestand noch in vollem Schlusse steht.

Im Allgemeinen wird zur Zeit der größten Holzerzeugung auch das meiste Laub abgeworfen, da die Blätter den größeren Theil der Nahrung zuführen und bereiten. Da aber der Holzzuwachs in einem gewissen Alter jährlich schon wieder abnehmen, und doch dabei immer noch beträchtlicher sein kann, als der Zuwachs bei einem neuen jungen Bestand, oder mit anderen Worten, weil bloß der größte jährliche Zuwachs, nicht aber der größte durchschnittliche Zuwachs an Holz nicht mit der größten Humuserzeugung zusammenfällt, sondern oft erst eintritt, wo die Humuserzeugung schon ganz aufgehört hat und wieder zurückgeht, so sollte man bei Berücksichtigung des größtmöglichen Erlöses doch wenigstens die Bestände nicht über die Zeit hinaus stehen lassen, wo die Humuserzeugung nicht bloß aufhört, sondern der Humus sogar wieder abnimmt.

4) Wird aber endlich die Lichtstellung bei Erziehung von Hölzern, die ein bedeutendes Alter erreichen müssen, unvermeidlich, so muß für **Erhaltung und Erziehung von Unterholz** gesorgt werden, wozu sich besonders Hainbuchegestrüpp, Dornen, Bachholder, Brombeeren u., oder auch krautartige Gewächse, wie Brennnessel, Huflattig, gemeine Klette und Farrenkraut, und selbst die häufig für bodenausaugend gehaltene Heidel- und Preußelbeere und Haide, da ihr Vorkommen nicht Ursache, sondern Folge der Bodenausaugung ist, eignen; sie geben dem Boden mehr zurück, als sie ihm entziehen. Und bilden sie auch wegen ihrer langsamen Verwesung einen nur unvollkommenen Humus, so sind sie doch insofern wünschenswerth, als da, wo sie vorkommen, keine anderen Gewächse mehr gedeihen, welche den Boden schirmen und verbessern könnten. Sie verschwinden von selbst wieder, wenn andere bessere Gewächse, wie das Holz die Beschirmung übernehmen, und die Erfahrung zeigt auch, daß zwischen Heidekraut aufgewachsene Kiefern weit besser gedeihen, als solche auf unbedecktem Boden.

5) Die **Durchforstung** benutzt das unterdrückte absterbende Holz, aber nur dann erst, wenn die Natur den Fingerzeig dazu gibt, daß der Bestand mehr Luft und Licht verlangt, d. h. wenn das Holz sich selbst zu reinigen anfängt. Sie beschränkt sich nicht darauf, den dominirenden Stämmen mehr Wachsthum zu geben, sondern entfernt auch jene Stämme, welche die Wipfel der dominirenden beengen. Außer einer vermehrten Holzerzeugung kommt aber diese Maßregel auch der Humuserzeugung zu Gute, sie befördert die Nahrungsaufnahme der Gewächse aus der Luft zu Gunsten der Bodennahrung. So wie aber eine Übertreibung der Lichtstellung der Nutzholzerzeugung dadurch schadet, daß sie die Astverbreitung auf Kosten der Stammbildung begünstigt, so beeinträchtigt sie die Humuserzeugung durch die Entstehung von Lücken aus den schon oben erwähnten Gründen. Daß aber auch dieses Verfahren sich nach der Individualität der verschiedenen Holzarten zu richten habe, bedarf kaum der Erinnerung. So wird ein zu dichter Stand der vorzugsweise auf Luftnahrung angewiesenen Fichte und Kiefer in der ersten Jugend viel verderblicher, als der Buche, Hainbuche und Eiche. Die Tanne bedarf weniger der Einwirkung des Lichts, auch die Buche und Hainbuche scheinen auf einen geschlossenen

Stand angewiesen zu sein, ihre Wurzelverbreitung erfolgt rascher, als ihre Astentwicklung, und ihre Wurzeln können bei ihrer schwachen Astverbreitung nur durch dichten Stand vor Austrocknung geschützt werden. Dies kann aber auch nur insofern Anwendung finden, als der Boden nicht durch bedeutenden Thongehalt an und für sich schon sehr feucht ist.

6) Außer der Betriebsart und Durchforstung kommen aber bei der Cultur auch noch andere Rücksichten für die Humuserzeugung in Betracht. So muß der Waldbau mit abwechselnder Fruchtnutzung fast durchgehends eine Erschöpfung und Verödung des Bodens herbeiführen, indem sowohl die Feldfrüchte den angehäuften Humus an der Stelle von Stalldünger verzehren, und was diese nicht verbrauchen, durch die Auflockerung des Bodens, durch den ungehinderten Luftzutritt erschöpft wird. Lediglich ein humusreicher Lehm- oder Thonboden kann einige Jahre vor seiner Wiederbenutzung als Waldboden Getreide und Hackfrüchte produciren und wird dadurch, namentlich bei Kartoffeln nur gewinnen, da seine Thätigkeit durch die Lockerung erst angeregt wird, während Sand- und Kalkboden, oder flachgründige, der Sonne und Luft ausgesetzte Hänge ihren Humusgehalt dabei verlieren müßten. Ebenso nachtheilig wird es, den Anbau von Blößen zu verschieben, weil sonst ihr Holz nicht in die Bestandesordnung passen würde. Auch weitläufige Pflanzungen oder Besäungen berauben einen trockenen Boden auf zu lange Zeit der Düngung und Beschirmung, indem sie den Schluß auf eine Zeit hinausrücken, wo sich die Neigung zur Lichtstellung wieder geltend macht. Die Saaten verdienen ganz besonders da den Vorzug vor der Pflanzung, wo zur Erhaltung der Bodenkraft eine rasche Deckung des Bodens nöthig wird.

7) Neben den Holzgewächsen müssen solche Pflanzen erhalten werden, welche einen vollkommenen Humus liefern. Den ersten Grund zur Humusbildung legt die auf kahlen Felsen wachsende Flechte, welche für sich nur mineralische Nahrungstoffe aus ihrem Boden in Anspruch nimmt, während sie ihm dieselben bei ihrer Verwesung nebst den aus der Luft gebildeten organischen Bestandtheilen zurückläßt. Das ihr folgende Moos setzt die Humusbildung schon in größerem Maße fort und kann nur nachtheilig werden, wenn es durch Aufnahme von zu vieler Feuchtigkeit den Fäulnißprozeß hindert und die Torfbildung veranlaßt, auch viele Gräser und andere krautartigen, besonders aber Zwiebelgewächse und überhaupt Pflanzen mit einjährigen fleischigen und daher schnell verwesenden Wurzeln sind der Humusbildung günstig, ebenso die, welche ihre starken saftigen Blätter dicht über den Boden hinbreiten, ihn im Sommer gegen Sonne und Luft schützen und ihn im Winter mit einer faulenden Schichte bedecken, weniger die Pflanzen mit aufrecht stehendem hartem Stengel und holziger Wurzel, wie *Senecio vulgaris*, *Verbascum Thapsus*, *Arunboarten* u. dgl., während die abgefallenen Reiser und Samenhüllen, wie schon angedeutet wurde, in unseren lichten Beständen zu langsam verwesen, und daher die Vegetation eher verhindern, da man die völlige Zersetzung ihres unvollkommenen Humus nicht abwarten kann.

8) Die Verhinderung der Bildung von unvollkommenem Humus muß sich aber auch auf die Entfernung jener Vegetabilien beziehen, die einen solchen Humus liefern, und zu diesen gehören namentlich die Torfpflanzen und vorzüglich die Sumpfmooße, welche die schädliche Einwirkung der ohnedies zu großen Bodenfeuchtigkeit durch ihre Wasseraufsaugung aus der Luft noch vermehren. Daß die Haiden und Vaccinien nicht hierher zu rechnen sind, wurde schon erinnert.

9) Die Streuentziehung muß, so viel es die localen Bedürfnisse des Feldbaues zulassen, verhütet oder beschränkt werden, weil durch eine unbegrenzte Benützung, wie schon angegeben wurde, die Productionskraft des Waldes und damit zugleich auch der Streuertrag fortwährend vermindert würde. Wo aber die Streunutzung unvermeidlich wird, sollen die Bestände wenigstens nachher wieder einige Jahre geschont werden. Die Nachteile der Streuentziehung vermindern sich, wenn bei einem Holzüberfluß in waldigen Gegenden große Ackerflächen durch Einstellung des Streurechens ganz unbenutzbar würden, und verschwinden ganz, wo das Laub ohnedies durch Winde oder Überschwemmung entführt würde. Die theilweise Hinwegnahme der starken, trockenen oberen Laubschichte wäre selbst vortheilhaft, wenn der Same bei einer zu starken Laubanhäufung nicht in den Boden gelangen könnte, so daß die Keimung in der trockenen Laubschichte beeinträchtigt wird.

Die Einsammlung des Laubes soll zu einer Zeit geschehen, wo das entzogene Laub bald wieder durch neues ersetzt wird, also im September und October, obgleich die meisten Streuanforderungen in eine Zeit fallen, wo, wie im März oder Anfangs April, der Boden überdies von Winden sehr ausgetrocknet wird. Es soll ferner beim Einsammeln nur die oberste (trockene) Laubschichte, nicht aber zugleich der schon ausgebildete Humus genommen werden. Das Moos sollte nur stellenweise mit der Hand durchgerupft und die eigentlichen Forstunkräuter wo möglich nur da entfernt werden, wo sie die Saat zu ersticken drohen und dort erhalten werden, wo sie derselben einen Schutz gewähren müssen, und wenigstens theilweise, wo der Boden sehr locker und die Lage sehr kalt oder heiß ist.

Über den Einfluß der Streunutzung in Buchenwaldungen gibt Humdehagen folgende Tabelle:

Versuche	Holz- und Betriebsart	Bodenart	Alter	Streuungs- überhaupt		Fähigkeit oder Durchschnitts- ertrag		Durchsch.- ertrag in gesägten Befänden	Verhältnis des Holzertrages zu den aus- getragten und gesägten Befänden	Jahre des Um- triebes
				in Judern	an dürrem Laub	an Laub	an Holz- masse			
1. u. 2. Versuch	Buchen- Hochwald	Sandstein	95	Anzahl	Pfunde	Pfunde a	Kubiff.	Kubiff.	b	
			10	10	13000	130	40	53	0,75 : 1	95
6.	"	"	90	14	18200	202	37	66	0,62 : 1	120
12.	"	"	95	10	13000	130	49	53	0,70 : 1	95
3. u. 4.	"	"	95	10	13000	130	65	63	0,58 : 1	120
8.	"	"	90	6	7800	156	29	41	0,70 : 1	50
9.	"	Kalk	80	9	11700	146	48	59	0,73 : 1	80
10.	"	"	70	—	80000	1142	9	44	0,20 : 1	70
11.	"	"	70	12	15600	223	28	44	0,64 : 1	70
5.	Buchen- Mittelwald	Basalt	65	10	13000	200	46	54	0,85 : 1	65
		Sandstein	35	10	18000	371	28	38	0,75 : 1	—
7.	"	Kalk	35	15 1/2	20000	570	30	40	0,75 : 1	35
			35	15	19050	544	35	45	0,77 : 1	

Entnimmt man aus den Spalten a und b Mittelzahlen, und zwar für die verschiedenen Betriebsarten auf die verschiedenen Bodenklassen, so liefert der Buchenwald auf Sandsteinboden durchschnittlich

**150 Pfd. Laub mit 0,37 Ertragsverlust**

- Derselbe	auf Kalk und Basalt	425	"	"	"	0,40	"
Buchen-Mittelwald	auf gutem Sand-						
stein und Kalk . . . . .		500	"	"	"	0,25	"

Den meisten Werth als Dünger für den Feldbau hat nach Zierl das Laub von Horn, Esche und Birke, weniger das der Pappel, Buche, Erle und Weide, und am wenigsten das der Eiche, wegen des starken Gerbstoffgehaltes; das Moos und die Nadeln sind nach ihm von sehr verschiedener Wirkung. Nach Hundeshagen ist der Werth des Strohes = 100 gesetzt, der des Mooses 75—100, der Nadeln 50—75, der Tannenzweige und Haiden 50, der des Laubes 26—36.

Eine mehr praktische Behandlung der forstlichen Düngerlehre liegt außer dem Bereiche dieses Buches. Man vergl. daher hierüber die umfassende Abhandlung von Wfeil in dessen kritischen Blättern 20. Bd. 2. Heft 1845. S. 55 — 130.

## II. Chemie der Forstbenutzung.

Die Forstbenutzung beschäftigt sich nicht blos damit, die Forstprodukte einzuernten, sondern sie hat auch die Aufgabe, einen Theil dieser Naturprodukte zur vortheilhafteren Verwerthung theils einer künstlichen Vorbereitung oder Veredlung, theils einer völligen Umgestaltung zu unterwerfen, also dieselben in Kunstprodukte zu verwandeln (forstliche Technologie).

Chemischer  
Theil der  
forstlichen  
Technologie.

Die chemische Vorbereitung der Forstprodukte beschäftigt sich vorzugsweise mit dem Schutze des Holzes vor Fäulniß, welcher es zu jeder Zeit,

Chemischer  
Theil der  
forstlichen  
Technologie.



am meisten aber im frisch gefällten Zustande unterworfen ist, Conservation des Holzes.

Die völlige Umwandlung der Forstprodukte in Kunstprodukte erstreckt sich auf die Darstellung der Zersetzungsprodukte des Holzes durch trockene Destillation und Verbrennung, Kohlenbrennerei, nebst dem Theerschwelen und der Harz- und Pechsiederei; Kienrußbrennen und Pottaschensiederei und auf die Verarbeitung einiger zuckerhaltigen Pflanzensäfte.

### Die Conservation des Holzes.

Die Zerstörung, welcher das Holz von dem Augenblicke an entgegengeht, wo es dem Wirkungskreise der Vegetation entzogen wird, beruht außer der Temperatur, welcher es ausgesetzt wird, hauptsächlich auf seinem Gehalte an stickstoffhaltigen organischen Substanzen und einer gewissen Menge Wasser, worin die ersteren aufgelöst sind. Wie bei allen Gährungsprozessen, ist es auch hier die stickstoffhaltige Materie, welche beim Eintritte ihrer eigenen Entmischung in der Holzfaser eine Zersetzung einleitet, in deren Folge sie nach und nach zerstört und in Humus verwandelt wird. Obgleich man im Allgemeinen beim Holze zwei Arten von Fäulniß, eine nasse und eine trockene unterscheidet, scheint doch auch die trockene Fäulniß oder der Trockenmoder von der nassen Fäulniß wesentlich nicht verschieden zu sein, da auch sie nur bei Gegenwart von Feuchtigkeit erfolgen kann und um so schneller erfolgt, je feuchter die umgebende Luft ist.

Beim Fortschreiten der Fäulniß, und zwar um so mehr, je beträchtlicher die Feuchtigkeit des Holzes und seiner Umgebung, der Luft, des Bodens oder Gemäuers ist, entwickeln sich Schmaroserpflanzen im Holze, verschiedene Schwämme und Pilze, welche durch den Eintritt ihrer Fäulniß der Zerstörung des Holzes neue Nahrung bieten, nicht bloß am Orte ihrer Entstehung, sondern auch, indem sie sich über die ganze Holzfläche und deren Umgebung verbreiten, wie z. B. der durch seine Ausbünstung der Gesundheit des Menschen so nachtheilige Holzschwamm (*Merulius destruens* oder *Boletus lacrymans*) des Wandgebälkes auch die Möbeln eines Zimmers anstecken kann.

Die Feuchtigkeit veranlaßt aber nicht bloß die Fäulniß des Holzes, sondern sie allein versetzt auch nur die im Saft des Holzes enthaltenen Materien in jenen Zustand, in welchem sie den Insekten genießbar sind. In stark ausgetrocknetes Holz kommt bekanntlich der Holzwurm niemals, in zur Winterzeit geschlagenes, welches früher austrocknet, als das im Sommer gefällte, seltener, als in letzteres; immer sucht er dabei die Schattenseite des Holzes im Aufbewahrungsorte, wahrscheinlich, weil diese feuchter ist. Die Insekten vermögen aber auch ihrerseits zur Beförderung der Holzfäulniß mitzuwirken, indem die Löcher, welche sie ins Holz fressen, den Zutritt der Luft und der Feuchtigkeit begünstigen.

Außer diesen Einflüssen, welche auf die völlige Zerstörung des Holzes hinwirken, wenn der natürliche Wassergehalt im Holze zurückbleibt, oder

ausgetrocknetes Holz wieder von Außen Wasser aufzunehmen Gelegenheit findet, können auch bei der Verdunstung des Wassers, beim Austrocknen des Holzes Nachtheile entstehen, wodurch es wenigstens als Nutzholz unbrauchbar werden kann. Das Wasser verdunstet nämlich beim Aufbewahren des Holzes nicht aus allen Theilen desselben in gleichem Maße, selbst wenn durch Wegnahme der Rinde die Sperrung der Seitenflächen aufgehoben worden ist. Die Saftgefäße sind nur an den Hirnseiten offen, geschlossen aber an den Seiten, das Holz trocknet daher an seinen Enden schneller, als an seinen Seiten und in der Mitte. Zwei durch ein volles Saftgefäß getrennte Faserbündel nähern sich einander, je mehr sich dieses durch Austrocknen entleert. Die Holzstücke müssen daher an den Hirnenden weit früher an Dimension abnehmen, als in der Mitte. Die Holzfaseru widerstreben vermöge ihrer Elasticität der dadurch verursachten Biegung und trennen sich endlich, wo die Spannung am größten ist, nämlich an den Hirnenden mit Gewalt, und bilden so die Risse, wodurch große Stücke des Holzes an jedem Ende unbrauchbar werden. Erst bei weiterem Austrocknen verkleinern sich oder schwinden die Hölzer auch in den übrigen Dimensionen. Je kräftiger die Faser ist, desto größer werden die Risse. Weiche Hölzer reißen daher weit weniger, als harte, und ein verstocktes Holz wird viel seltener rissig, als gutes. Dasselbe Verhältniß wie von den Hirnenden findet auch in den Längenseiten statt, daher das Holz auch Längentriffe erhält, welche bis in die Mitte dringen können.

Je wässeriger der Saft ist und je mehr die Verdunstung beschleunigt wird, um so weniger, aber um so weitere Risse entstehen an den Seiten und Hirnenden, je langsamer dagegen das Austrocknen erfolgt und je concentrirter der Saft ist, um so mehr, aber um so kleinere, also unschädlichere Risse entstehen.

Das **Austrocknen** des Holzes erfordert indessen eine ziemlich lange Zeit (2—3 Jahre, vgl. auch S. 412), und daher in manchen Fällen die Zinsen. Man hat deswegen auf verschiedene Weise versucht, die Schnelligkeit mit der Gleichmäßigkeit des Austrocknens zu vereinigen. Man zersägte das Holz bald nach dem Fällen in Breter, welche man mit hohlen Zwischenräumen auf einander schichtete, man ästete und rindete die Bäume auf dem Stamme ab, man vergrub das Holz in Sand, dessen Temperatur man auf 60° C. erhöhte u. Aber durch alle diese und ähnliche Verfahrensweisen wurde dem Reißen des Holzes und der Zerstörung durch Würmer nur theilweise, der Fäulniß aber nur für den Fall vorgebeugt, wenn das Holz bestimmt ist, an trockenen Orten zu bleiben. Soll es dagegen der Feuchtigkeit widerstehen, wie das zu Dämmen, Erd- und Eisenbahnarbeiten, zu Kastreihen, Bildhauerarbeiten, zu Formen in Gießereien u. dgl. bestimmte, so wird man nicht sowohl die Feuchtigkeit zu entfernen haben, worin die fäulnißerregenden Bestandtheile des Holzes gelöst sind, als vielmehr diese letzteren selbst. Aber auch das wird nur insofern genügen, als das Holz bloß der Einwirkung feuchter Luft ausgesetzt werden soll. Wo es dagegen ganz oder zum Theil ins Wasser gebracht werden

Austrocknen  
des Holzes.

muß, kann die Fäulniß des Faserstoffs auch durch andere in Wasser gelöste faulende Stoffe zu Stande kommen. Die Bestandtheile des Holzes müssen für solche Zwecke mit gewissen anorganischen Substanzen, Salzen u. dgl. in Verbindung gebracht werden, welche der Fäulniß widerstehen.

Ausziehen der  
löslichen  
Bestandtheile  
des Holzes.

Das Ausziehen der im Saftte des Holzes gelösten Substanzen ist nicht bloß insofern wichtig, als in ihnen die Fäulnißerreger entfernt werden; sondern auch, weil sie als hygroskopische Stoffe das Austrocknen des Holzes verzögern und bei eintretender Luftfeuchtigkeit verursachen, daß auch vollkommen ausgetrocknetes Holz wieder so viel Feuchtigkeit anzieht, als wenigstens zum Eintritte des Trockenmoders hinreicht; auch scheint der Faserstoff als stickstofffreie Substanz ohne diese stickstoffhaltigen Materien keine Nahrung für den Holzwurm abgeben zu können.

Scheint auch die Zeit des Fällens auf den Gehalt des Holzes an auflöslichen Bestandtheilen nicht ohne Einfluß zu sein, so hat man doch aus den seitherigen Erfahrungen noch keine widerspruchsfreien Folgerungen ziehen können. Man fällt zwar das Holz gewöhnlich im Winter, allein dies hat seinen Grund mehr darin, daß zu dieser Zeit mehr Hände müßig sind und wohlfeilere Arbeit liefern, und daß man die ersten Frühlingswässer zum Flößen des Holzes benutzen kann, denn man erhält zwar im Winter ein mehr wasserleeres, schneller trocknendes, weniger schwindendes und aufreißendes Holz, welches weniger dem Verderben durch Verstocken (beginnende Gährung der Säfte) ausgesetzt ist und früher der Gefahr des Wurmsstichs entzogen werden kann, allein es enthält im Winter bedeutend mehr der im Wasser aufgelösten Stoffe.

Ausziehen des  
Holzes durch  
Vegetation  
nach dem  
Fällen,

Man hat deshalb allgemein die Nothwendigkeit gefühlt, das Holz durch künstliches Ausziehen seiner löslichen Bestandtheile vor Verderbniß zu schützen. Eine sehr lang angewendete Methode bestand darin, daß man die Bäume im Winter fällte und sie mit Rinde und Ästen liegen ließ. Im Frühjahr schlugen die Zweige aus, und entzogen so dem Stammholz noch einen großen Theil des Wintersaftes, worauf man den Baum beschlug und das Holz nur noch kurze Zeit aufzubewahren brauchte. Man schreibt dieser Methode die treffliche Beschaffenheit der nordamerikanischen Schiffe zu. Sie kam in neuerer Zeit leider mehr außer Gebrauch.

durch  
fließendes

und

Eine andere Methode besteht in dem Versenken in fließendem Wasser. Die Wirkung ist aber hier sehr schwach, das Wasser dringt erst nach Jahren ins Innere, die Auslaugung geschieht nur in sehr geringem Grade. Das Holz ist nachher sehr dem Reißen unterworfen, wahrscheinlich wegen des Erweichens und Aufquellens der Holzfasern im Wasser.

durch Kochen-  
des Wasser.

Besser ist noch das Auskochen der Hölzer, doch dringt das Wasser immer noch zu langsam ein, um bei größeren Stücken davon Anwendung machen zu können.

Dämpfen des  
Holzes.

Eine andere Methode, welche man seit 1740 genauer kennt, wo sie in Holland beim Schiffbau angewendet wurde, ist das Dämpfen des Holzes, wodurch nicht bloß der größte Theil der löslichen Bestandtheile entfernt, sondern auch eine theilweise Veränderung des Faserstoffs herbeigeführt

zu werden scheint. Das Holz wird viel fester, zäher, elastischer und nicht mehr vom Wurm angegriffen. Man bringt es hierzu in wohlverschlossene Räume, läßt in diese Wasserdampf treten und diesen 60—80 Stunden einwirken, bis das Wasser nicht mehr trüb und schleimig, sondern hell, wenn auch noch etwas gefärbt abfließt.

Obgleich vielfache Zweifel sich über die Zweckmäßigkeit dieses Verfahrens erhoben, haben doch nachherige zahlreiche Versuche zu seinen Gunsten gesprochen. Das so zubereitete Holz ist 15—40 Procent leichter, als das gewöhnliche, hat einen hellen Klang, erhält sich in Möbeln sehr lange Zeit unverändert, Wagenräder zeigten eine ungewöhnliche Haltbarkeit. Die schwedische Marine bedient sich dieser Methode, und auch an anderen Orten hat sie große Verbreitung gefunden.

In der Gewerksfabrik von Muzig wog man die gedämpften Schaft-hölzer alle 8 Tage. Nach 6 Wochen im warmen und 2 Monate im luftigen Raume schien das Holz nicht mehr an Gewicht abzunehmen. Hierzu gehören bei gewöhnlichem Verfahren 3 bis 5 Jahre. Die Arbeiter, welche vom Dämpfen nichts wußten, äußerten, noch nie ein so dichtes und glattes Holz verarbeitet zu haben. Ebenso vortheilhaft erwies sich seine Festigkeit; es wirft sich nicht und zeichnet sich noch besonders durch Härte und Zähigkeit aus.

Bei der Conservationsmethode, welche nicht die Entfernung der fäulniserregenden Bestandtheile des Holzes bezweckt, sondern nur deren Fäulniß zu verhindern sucht, kann auf zweierlei Weise verfahren werden. Man gibt entweder dem Holze einen Luft und Feuchtigkeit abhaltenden Überzug, oder man bringt die löslichen Bestandtheile des Holzes mit eigentlichen fäulnißwidrigen Substanzen in Verbindung.

Das Verfahren, das Holz durch verschiedene Überzüge vor Einwirkung der Luft und Feuchtigkeit zu schützen, wurde schon seit den frühesten Zeiten und wird heute noch angewendet, man bedient sich dazu meist fetter oder harziger Substanzen, wie Leinöl, Leinölfirniß, Theer u. dgl. Sie schützen das Holz nur so lange, als sie es vollkommen bedecken, werden aber durch die (wahrscheinlich nicht bloß mechanischen) Einflüsse der Witterung endlich zerstört. Eine theilweise Anwendung dieser Methode hat sich indessen gegen das zu schnelle Austrocknen des Holzes an den Hirnenden und das daraus entstehende Reißen desselben bewährt. Man bestreicht daher die Hirnenden mit Ölfarbe, beklebt sie mit Papier oder Lehm, oder benagelt sie mit Bretern, oder bestreicht dieselben mit Chlorcalcium, welches das Austrocknen noch mehr verhindert, indem es selbst noch Feuchtigkeit aus der Luft anzieht. Würde dagegen ein noch unausgetrocknetes Holz von allen Seiten mit einem verstopfenden Anstrich bedeckt, so würde das zurückgehaltene Wasser die Fäulniß weit mehr beschleunigen, als dies ohne Anstrich der Fall gewesen wäre.

Die Substanzen, welche mit den löslichen Bestandtheilen des Holzes der Fäulniß widerstehende Verbindungen eingehen, müssen, um in das Innere des Holzes zu gelangen, von demselben aufgesaugt werden, sonach

überziehen  
des Holzes,  
um es vor  
Fäulniß und  
Wissen zu  
schützen.

Tränken des  
Holzes mit  
fäulnißwidri-  
gen  
Substanzen.

in Wasser auflöslich sein. Die hierzu vorgeschlagenen Materien sind größtentheils Salze, einige davon Säuren, nämlich Kupfer-, Eisen-, Zink-, Kalk- und Magnesiumsulphat, Kali- und Natronalaun, Soda, Pottasche, Kalk, Kochsalz, Chlorkalcium, Chlormagnesium, Salpeter, Quecksilber- und Zinkchlorid, essigsaures Eisenorydul, Schwefelsäure, arsenige Säure (weißer Arsenit), Holzessig, Gerbstoff, Creosot, Leinöl u.

Die Schwefelsäure und schwefelsauren Salze der Metalle, wie Eisen, Kupfer, Zink und Mangan, bewahren zwar das Holz vor Fäulniß, allein sie zerstören es durch ihre eigene Einwirkung. Die Oxyde der Schwermetalle bilden mit gewissen Bestandtheilen des Holzes unlösliche Verbindungen unter Abscheidung der Schwefelsäure, welche sich durch das Verdunsten des Wassers mehr und mehr concentrirt und dabei das Holz durch theilweise Verkohlung in eine morsche Masse verwandelt<sup>1)</sup>.

Auch der Alaun verhält sich wegen seiner überschüssigen Säure den Metallsalzen ähnlich. Da indessen die Thonerde die Eigenschaft, Thierkörper vor Fäulniß zu bewahren, in hohem Grade besitzt, so möchte sich die von Gannal mit so ausgezeichnetem Erfolge versuchte essigsaure Thonerde wohl auch für Holz sehr vortheilhaft eignen, wenn nicht ihr jetzt noch zu hoher Preis ihrer Anwendung im Wege stände.

Das Kochsalz ist schon seit den ältesten Zeiten als fäulnißwidriges Mittel für Thier- und Pflanzenstoffe benutzt worden. Da es aber mit dem Holze keine unlösliche Verbindung eingeht, so kann es wegen seiner Leichtlöslichkeit nur für trockene Orte Anwendung finden, hat aber wegen seines Gehaltes an Chlormagnesium die Eigenschaft, das Holz stets in feuchtem Zustande zu erhalten, der indessen unter manchen Verhältnissen sogar erwünscht sein kann. Reines Chlormagnesium und Chlorkalcium und Pottasche besitzen die erwähnten Fehler des Kochsalzes in noch höherem Maße, Soda und Salpeter wenigstens den der Auflöslichkeit.

Auch Kalk wurde zur Holzconservation versucht, weil man gefunden hatte, daß Schiffe, die gebrannten Kalk geladen hatten, sich gut hielten; allein das präparirte Holz faulte noch schneller, als gewöhnliches, da alkalische Substanzen in der kleinen Quantität, in welcher sich Kalk in Wasser auflöst (1 in 400) die Fäulniß sogar noch beschleunigen, während sie dieselbe in größeren Mengen verhindern, wie auf Holz aufgeschichteter Kalk, welcher außerdem auch noch die Feuchtigkeit stark absorbirt.

Die arsenige Säure conservirt das Holz gleichfalls, mußte aber wegen der giftigen Eigenschaften, welche dieselbe sowohl während der Zubereitung, als auch beim Gebrauche des Holzes äusserte, wieder aufgegeben werden.

1) Vom schwefelsauren Mangan, resp. von dem sonst fast werthlosen mit Eisensiederlauge, Kalk oder Chauffeestaub von Kalkstraßen neutralisirten Rückstände von der Chlorbereitung, welcher außerdem auch schwefelsaures Natron enthält, behauptet Münzing (Dingler's polytechn. Journ. 76. S. 364. 1840 aus Nieder's Wochenbl. Nr. 20), daß es die zerfressenden Eigenschaften anderer Metallsulphate nicht besitze und ausgezeichnet gut conservire.

Der **Serbstoff** verdient hier nur insofern einer Erwähnung, als derselbe schon von Natur aus in vielen Holzarten, namentlich in der Eiche in reichlicher Menge vorkommt. Allein seine Einwirkung auf die stickstoffhaltigen Bestandtheile findet bloß nach längerem Verweilen unter Wasser statt, um damit eine nicht faulende Verbindung zu bilden. Außer dem Wasser ist das Eichenholz oft von kürzerer Dauer, als die Nadelhölzer, welche durch ihren Harzgehalt eine gewisse Zeit vor Fäulniß bewahrt werden.

Das **Kreosot** bildet mit dem Eiweißstoff eine unlösliche Verbindung und hat nach angestellten Versuchen in Rißspalten gelegtes Holz von Fäulniß und Insekten vollkommen frei erhalten. Allein sein bis jetzt noch sehr hoher Preis und sein durchdringender Geruch haben seine Anwendung unmöglich gemacht.

Der **Holzeßsig** wirkt nicht als Säure, sondern durch seinen Kreosotgehalt.

Auch bei dem Räuchern des Holzes spielt das Kreosot die Hauptrolle. Man legt das Holz so lange über ein Rauch- oder Schmauchfeuer, bis es ganz trocken ist und eine dünne schwarze Rinde bekommt. Diese Methode wird vorzüglich beim Maschinenholz benutzt. Erlen-, Birken- und Buchenholz erhält dadurch beinahe die Härte des Eichenholzes.

Das **Leinöl** vermag gleichfalls das Holz einigermaßen zu conserviren, wenn es dasselbe durchdringt. Wenn man das Holz beim Anstrich über Feuer heiß macht und das Leinöl kochend aufträgt, so soll es nach Trebold einen Fuß tief ins Holz eindringen.

Desgleichen sind **Steinkohlen-** und anderer **Theer** namentlich mit dem brennlichen Öle aus Tabakrippen u. dgl. empfohlen worden.

Der **Quecksilbersublimat** (Quecksilberchlorid) ist entschieden das vorzüglichste Erhaltungsmittel, sowohl für Thier- als Pflanzensubstanzen, indem es mit dem Eiweißstoff eine in Wasser vollkommen unlösliche Verbindung bildet. Seine Anwendung zur Conservation des Holzes, obgleich schon 1705 von Hamburg gegen den Wurmsfraß und 1821 von Knowles, wie noch früher von Davy und Chapmann gegen Trockenmoder empfohlen, wurde zuerst von M'Ryan, einem Destillateur in London, 1834 praktisch ausgeführt, weshalb das Verfahren das **Kyanisiren** des Holzes genannt wurde. Es findet in neuerer Zeit für verschiedene, namentlich für Eisenbahnbauten eine immer mehr verbreitete Anwendung. Man bedient sich dazu einer Auflösung, welche  $\frac{1}{60}$  dieses Salzes, für viele Fälle jedoch auch nur  $\frac{1}{100}$ , oder selbst  $\frac{1}{200}$  davon enthält, in welcher man das Holz eine Woche liegen läßt. Als Gift für alle Thiere hält es dabei auch jede Zerstörung durch Insekten auf das Vollkommenste ab, während die Stärke des Holzes bei diesem Verfahren nach den sorgfältigsten Versuchen vollkommen unverändert bleibt. Entomologen und Kryptogamologen haben über das Kyanisiren des Holzes geklagt, indem hierdurch manche Insekten und Schwämme, die sonst häufig an alten Pfählen und Balken zu finden waren, beinahe verschwinden.

Quecksilber-  
sublimat.  
(Kyanisiren  
des Holzes).

Die Zweckmäßigkeit der nun seit 20 Jahren in Anwendung gebrachten Methode wurde durch mehrfache Versuche erprobt. So zeigten sich cyanisirte Balken, welche man in England in eine unterirdische mit in vollkommener Fäulniß begriffenem Holze gefüllte Höhle brachte, worin das härteste und trockenste Holz nicht ein Jahr lang dem Eintritte der Fäulniß widerstand, noch nach 5 Jahren vollkommen unverändert, während nicht cyanisirtes Holz von gleicher Art schon eine sehr vorgeschrittene Fäulniß zeigte. So fand Beazley cyanisirte Pfosten und Pfähle im Regentpark nach  $2\frac{1}{4}$  Jahr, eine leichte oberflächliche Färbung abgerechnet, vollkommen gesund, während unpräparirte mit Schwämmen besetzt und bis auf 1—2 Zoll Tiefe so weit von Fäulniß zerstört waren, daß man mit dem Spaten ganze Trümmer abstossen konnte.

Um die Tiefe zu bemessen, bis zu welcher der Sublimat im Holze eindringt, tränkte Erdmann die Querschnitte mittelst einer Auflösung von 1 Theil Sublimat in 50 Theilen Wasser cyanisirter Hölzer mit Schwefelwasserstoffammoniak, wobei sich die vom Sublimat erreichten Stellen mehr oder weniger schwärzten, während die übrige Masse ihre Farbe behielt. Die Versuche ergaben jedoch, daß sich das Eindringen des Sublimats bei dem gewöhnlichen Verfahren nur auf eine sehr geringe Tiefe beschränkt, welche bei harten Hölzern 2—3 Linien, bei weichen etwas mehr beträgt, während die Lösung bis ins Innere nur an solchen Stellen gebrungen war, wohin sie durch feine Risse einen Weg fand.

Nach Lampe in Leipzig, welcher nach seinen Versuchen annimmt, daß die sächsische Elle 9 Zoll hoher und 6 Zoll breiter Eisenbahnschwellen von weichem Holze 3 Pfund Auflösung von 1 Gewichtstheil Sublimat in 50 Theilen Wasser anzieht, und danach auf 2 Gr. 3 Pf., die von hartem Holze, welches die Hälfte aufnimmt, auf 1 Gr.  $1\frac{1}{2}$  Pf. läme, würde die deutsche Meile, zu 16000 Ellen gerechnet, zu cyanisiren kosten:

von weichem Holze (3 Schwellen) 3000 Thlr.

von hartem " " " 1500 "

Diese Kosten müßten sich natürlich um das Vielfache vermehren, wenn die nach einer längern Reihe von Jahren gemachten Erfahrungen ein vollständiges Durchdringen des Holzes vom Sublimat bis ins Innere wünschenswerth machen sollten, da nach dem jetzigen Verfahren, wie oben gezeigt wurde, nur die äußersten Schichten des Holzes cyanisirt werden<sup>1)</sup>.

Zu dem Vorwurfe der Kostspieligkeit dieses Verfahrens gesellen sich auch noch vielfache Bedenken wegen der außerordentlichen Giftigkeit<sup>2)</sup> des Sublimats. Denn wenn auch das cyanisirte Holz keine schädlichen Ausdünstungen verbreitet und der Sublimat mit dem Einweißstoff des Holzes

1) Mehr hierüber vgl. in Erdmann's Journ. f. prakt. Chemie. 1838. Nr. 12; Dingler's polytechn. Journ. Bd. 84. S. 74—76 u. 69. S. 365—369.

2) Zur sicheren Entfernung alles unzerseht gebliebenen Sublimats hat man empfohlen, das cyanisirte Holz vor dem Gebrauche noch mit einweißhaltigem Wasser abzuwaschen.

eine vollkommen unlösliche Verbindung eingeht, so entwickeln sich doch nicht nur beim Verbrennen dieses Holzes höchst schädliche Quecksilberdämpfe, sondern auch bei Entladungen der Luftelectricität auf Schiffe, was so häufig geschieht; so wie auch das Mechanics Magazin Fälle auführt, wo Thiere durch Becken an kyanisirtem Holze erkrankten.

Beide Übelstände, welche die Brauchbarkeit des so wirksamen Quecksilberchlorids nicht unbedeutend schwächern, verhütet das holzeffigsaure Eisen, welches zuerst von Boucherte versucht wurde. Die Eisensalze sind in kleineren Quantitäten dem Leben der Menschen und Thiere in keiner Weise nachtheilig; dabei ist das Eisen das wohlfeilste Metall und die Holzeffigsäure, besonders für den Forstmann die billigste Säure, da sie sich bei der Kohlenbrennerei mit geringer Mühe in großen Quantitäten sammeln läßt. Das Eisenvoryd bildet, wie schon bei den schwefelsauren Metallsalzen im Allgemeinen erwähnt wurde, mit den stickstoffhaltigen Bestandtheilen des Holzes eine unlösliche, der Fäulniß widerstehende und als Nahrung für Insekten nicht mehr geeignete Verbindung, während die freiwerdende Effigsäure nicht wie die Schwefelsäure zerstörend auf das Holz wirkt, und vermöge ihrer Flüchtigkeit nach kurzer Zeit vollkommen aus demselben verschwindet.

Tränken des  
Holzes mit  
holzeffigsaurem  
Eisen.

Was die conservirende Kraft dieses Salzes betrifft, so führt Schulz in seiner Schrift: „Neues, wohlfeiles und bewährtes Verfahren, das Holz zu conserviren zc. Weimar 1844“ hierüber folgende Versuche auf, welche, um recht entscheidende Resultate zu liefern, mit Substanzen angestellt wurden, deren Zersehbareit die des Holzes noch weit übertrifft.

62 Gramme Weizenmehl, mit 30 Grammen reinem Wasser befeuchtet, waren schon nach 10 Tagen vollständig mit Schimmel bedeckt unter der gewöhnlichen die Fäulniß begleitenden Gasetwicklung.

Von 3 Quantitäten Weizenmehl, jede von 62 Gr., wurde eine mit 30 Gr. einer Auflösung von 2 Decigrammen Sublimat, eine andere mit ebensoviel einer Auflösung von 4 und die dritte mit einer von 6 Decigr. Sublimat befeuchtet. Noch nach 2 Monaten hatte sich in keiner der 3 Massen Weizenmehl irgend eine Veränderung gezeigt.

Ebenso wurden 5 ebenso große Proben mit 30 Gr. einer Auflösung von 2, 4 und 6 Decigrammen und 1 und 2 Grammen Eisenvitriol befeuchtet. In allen stellte sich je nach der Quantität des Salzes in kürzerer oder längerer Zeit Schimmel ein, welcher nach 17 Tagen vollkommen ausgebildet war.

Ferner wurden auf dieselbe Weise 4 Proben mit Auflösungen von 2, 4, 10 und 20 Decigrammen Arsenik befeuchtet. Bei 2 Decigr. Arsenik erschien der Schimmel nach 15 Tagen und war nach 21 Tagen völlig ausgebildet; bei 4 nach 17, ausgebildet nach 23; bei 10 nach 20, ausgebildet nach 25 und bei 20 war noch nach mehreren Monaten kein Schimmel sichtbar.

Endlich wurden 8 Proben mit 30 Grammen Wasser befeuchtet, dem je 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 und 8 Gr. einer Auflösung des holzeffigsauren



Eisens von 8° Baumé zugesetzt waren. Bei 1 Decigr. erschien der Schimmel nach 10, bei 2 nach 12, bei 3 nach 15, bei 4 nach 20 Tagen und zwar immer nur an einigen Stellen der Oberfläche, bei 5, 6, 7 und 8 war noch nach einem Monate kein Schimmel sichtbar.

Es wurden ferner 92 Gr. der so leicht verderbenden ausgepressten Runkelrüben mit ausgepresstem Saft derselben Runkelrüben, worin das Erhaltungsmittel aufgelöst worden war, angefeuchtet. Beim Befeuhten mit reinem Saft war die Masse schon nach 10 Tagen völlig mit Schimmel bedeckt.

Bei 6 Versuchen mit Sublimat, wobei das kleinste Quantum des letzteren 1 Decigramm betrug, blieb die Masse stets von Schimmel befreit.

Bei 6 Versuchen mit Eisenvitriol mit einem Minimum von 3 und einem Maximum von 15 Grammen desselben war der Brei durchschnittlich schon nach 11 Tagen mit Schimmel bedeckt.

Von holzessigsaurer Eisenzlösung von 8° Baumé war etwa 1 Gramm nöthig, um die 92 Gramme ausgepresster Runkelrüben vollkommen zu conserviren, da sich bei weniger nach einiger Zeit Schimmel einstellte.

6 Gramme unreiner Holzessig schlugen gleichfalls 92 Gr. ausgepresste Runkelrüben vollkommen vor dem Verderben.

Schwefelsäure zu 1 Decigr. bis 1½ Gramm verzögerte das Verderben des Breies kaum einige Tage.

Auch Kupfer- und ähnlich Zinkvitriol zu 1 Decigr. bis 1½ Gramm verzögerte das Verderben desselben nur einige Tage.

Bei grünen Holzsägespänen, welche für sich schon weit leichter verderben, als trockene, auch wenn diese mit vielem Wasser angefeuchtet waren, ergab sich das günstige Resultat, daß sie von 1 Gramm holzessigsaurem Eisen von 8° Baumé noch vollkommener conservirt werden, als von 1 Decigramm Quecksilbersublimat. Mit bloßem Wasser befeuchtete Sägespäne bedecken sich sehr bald mit Schimmel und die Fäulniß zerstört sie in kurzer Zeit ganz.

Diese Versuche ergeben, daß das holzessigsaure Eisen durch seine conservirende Kraft alle übrigen hierzu vorgeschlagenen Substanzen, deren Anwendung wenigstens nicht anderweitige Hindernisse im Wege stehen, übertrifft, und was es in dieser Beziehung dem Sublimat nachgibt, wird durch seine Billigkeit wieder reichlich eingebracht, zumal schon 1/10 des Gewichtes vom frischen Holze, holzessigsaure Eisenzlösung von 8° Baumé mehr als hinreichend ist. Dabei soll es dem Holze auch eine bedeutende Härte geben. Es versteht sich indessen von selbst, daß die verschiedenen Hölzer je nach ihrem Gerbstoffgehalt eine graue bis schwarze Färbung davon annehmen, welche sich durch Waschen nicht wieder entfernen läßt. Das Eichenholz wird demnach am tiefsten, die Nadelhölzer am schwächsten gefärbt.

Was die Art und Weise betrifft, das Holz von den conservirenden Flüssigkeiten durchdringen zu lassen, so hat man hierzu verschiedene Methoden:

Verfahren,  
das Holz von  
der Gerb-  
stoffsflüssig-  
keit durchdrin-  
gen zu lassen,

Das älteste und allerdings auch einfachste Verfahren besteht darin, mitteltst Einlegen des Holzes in die Flüssigkeit, das Holz ganz in die Flüssigkeit hineinzulegen; allein es wirkt so langsam, daß zur vollkommenen Durchdringung Jahre erforderlich sind.

Eines der neueren Mittel besteht in der von Bréant empfohlenen Anwendung des Druckes, durch Druck, welchen man mittelst einer Luftpumpe auf die nebst dem Holze in einem starken, luftdichten Gefäße befindliche Flüssigkeit durch Einpumpen von Luft ausübt, wodurch erstere ins Holz gepreßt wird. Abgesehen von dem Zweifel, welcher sich gegen die Wirksamkeit der Luftpumpe in einem so großen Raume erheben muß, verringert jedenfalls schon die Kostspieligkeit eines so großen Gefäßes und der hierzu nöthigen Maschine die Brauchbarkeit des ganzen Verfahrens<sup>1)</sup>.

Ein anderes Verfahren erzeugt einen luftleeren Raum durch den luftleeren Raum. durch Wasserdämpfe. Man treibt aus dem mit Holz gefüllten luftdichten Gefäße die Luft durch eingeleiteten Dampf aus, bei dessen Verdichten eine theilweise Leere entsteht. Diese saugt die im Holze enthaltene Luft aus, wodurch es dann leichter von der Flüssigkeit durchdrungen wird, wenn man dieselbe aus dem mit dem Gefäße in Verbindung stehenden Flüssigkeitsbehälter eintreten läßt. Die Aufsaugung kann noch durch den Druck einer Luftpumpe auf die Flüssigkeit unterstützt werden. Oder man pumpt die Luft mit der Luftpumpe aus und läßt dann die atmosphärische Luft ihren Druck auf die Flüssigkeit ausüben, so wird dieselbe dadurch in die luftleeren Poren des Holzes gedrückt. Allein auch diese Methode treffen ähnliche Vorwürfe wie die vorige.

Nach dem Verfahren von Payne<sup>2)</sup> bedient man sich gleichfalls der Luftpumpe, um das Holz zuerst mit einer Auflösung von Eisenvitriol, Metallisiren des Holzes nach Payne. (schwefelsaures Eisensorydul) und mit einer ähnlichen von Chlorcalcium zu tränken. Diese zersetzen sich gegenseitig in lösliches Eisenchlorür und unlöslichen schwefelsauren Kalk, letzterer setzt sich in den Poren des Holzes ab, vermehrt das Gewicht des Holzes und gibt ihm nach Payne eine so große Festigkeit, daß er es „metallisirt“ nennt.

Statt Chlorcalcium kann man auch Soda nach dem Eisenvitriol oder zuerst Schwefelcalcium, oder -Barpum und dann Eisenvitriol anwenden, und statt des letzteren auch Alaun (schwefelsaure Kalithonerde), wodurch man im ersten Falle kohlensaures Eisensorydul, im zweiten Thonerde, und im letzten Schwefel und Schwefeleisen in den Zwischenräumen des Holzgewebes niederschlägt. Um möglichst viel Niederschlag im Holze abzulagern, trocknet man das Holz erst vor Anwendung der zweiten Flüssigkeit.

Das loseste, poröseste Holz eignet sich am besten zu diesem Verfahren. Der Apparat, worin das Holz mit den Flüssigkeiten getränkt wird,

1) Die Beschreibung desselben nebst Abbildung des Apparates findet sich im Bulletin de la société d'encouragement. Juni 1845. S. 254; Dingler's polytechn. Journal. Bd. 97. 1845. S. 423.

2) Illustrierte Gewerbezeitung. I. Bd. 1846. S. 33 und Dingler's polytechn. Journal. 86. S. 434 u. 101. S. 153 aus dem Echo du monde savant. 1846. Nr. 14.

besteht in einem großen, 10—12 Fuß im Durchmesser haltenden Cylinder von Gusseisen, der so lang, als das längste zu bearbeitende Holzstück ist. Er ist aus mehreren kurzen Cylindern mittelst Flaschen- und Schraubenbolzen zusammengefest und an einem Ende geschlossen, während der andere Deckel mittelst eines Kranes abgehoben werden kann. Der Cylinder liegt wagerecht im Holzhofe und das Holz wird auf niedrigen Wagen auf einer kleinen Eisenbahn eingefahren und darin aufgeschichtet.

Nachdem die Füllung vollendet und der Deckel geschlossen und verschraubt ist, wird der Cylinder mittelst einer Luftpumpe, welche durch eine Dampfmaschine getrieben wird, luftleer gemacht, worauf die schwefelsaure Eisenauflösung aus den unter dem Cylinder liegenden Behältern durch Röhren aufsteigt und die Stelle der ausgepumpten Luft im Holze einnimmt. Nun läßt man durch einen unten angebrachten Hahn die überflüssige Auflösung ab und leitet durch einen oberen Hahn die Chlorcalciumlösung ein, welche sich in einem 6—9 Fuß über dem Cylinder aufgestellten Behälter befindet. Der Überfluß dieser Auflösung wird mittelst des Aufstehens wieder in den oberen Behälter zurückgeschafft und die Operation ist vollendet.

Das so zubereitete Holz nimmt an der Luft einen bläulichen Farbenton an, indem das allmählig in Chlorid übergehende Eisenchlorür mit der Gerbsäure des Holzes gerbsaures Eisenoxyd bildet. Das Holz wird so schwer wie Eichenholz und ein Würfel von 3,3 Zoll Seite trug ein Gewicht von 250 Centner, ohne mehr als um 4 Linien zusammengebrückt zu werden, behnte sich aber nach Abnahme des Gewichtes um  $1\frac{1}{2}$  Linie wieder aus. Das so bereitete Holz eignet sich zu Eisenbahnschienen, da auf einer Probestrecke, die noch obenein in einer Curve lag, nach 28,000 Übergängen des Zuges und oftmaligem Gebrauche der Bremsen, der Längsschnitt auf dem Holze noch nicht einmal verwittert war. Auch Versuche hinsichtlich des Widerstandes gaben sehr genügende Resultate. Zu feinen Tischlerarbeiten eignet sich das Holz sehr gut und die Würmer gehen nicht in dasselbe. Es wäre nur noch zu erwarten, ob das Eisenchlorid, oder noch mehr die daraus durch die Gerbsäure ausgeschiedene Salzsäure nicht allmählig zerstörend auf das Holz wirkt. Für diesen Fall wäre Kaltwasser oder Soda der Chlorcalciumlösung vorzuziehen.

Benjat und Banner haben auf dem Paris-Seaux-Bahnhof bereits zwei Payne'sche Maschinen errichtet und wenden, statt des Eisens, Kupfervitriol an<sup>1)</sup>. Das Verfahren soll auch (mit Vitriol und Soda) beim Bau der königlichen Ställe zu Claremont in England angewendet, sich vollkommen bewährt haben.

Einer genaueren Untersuchung wurde nach dieser Methode (mit Eisenvitriol und Chlorcalcium) behandeltes Holz von Stöckhardt unterworfen. Es fängt beim Erhitzen in einer Weingeistflamme zwar Feuer, außerhalb

1) Dingler's polytechn. Journal. 101. S. 156 aus Echo du monde savant. 1846. Nr. 30.

der Flamme dagegen verglimmt es bloß. Auf dem Wasser schwimmt es, versinkt aber allmählig, das Buchenholz nach 10, das Eichenholz nach 13, das Tannenholz nach 18 Tagen.

Man nimmt gewöhnlich an, daß durch die beiden sich zerlegenden Flüssigkeiten ein Niederschlag von schwefelsaurem Kalk im Innern des Holzes entstehe, welcher die Poren desselben ausfülle. Erwägt man aber, daß die Poren des Holzes schon mit einer Flüssigkeit angefüllt sind, wenn die Chlorcalciumlösung darauf wirkt, so ist bei der überaus geringen Zusammendrückbarkeit der tropfbaren Körper leicht einzusehen, daß die zweite Flüssigkeit auch bei starkem Druck nur bis zu einer sehr unbedeutenden Tiefe ins Holz eindringen werde. Immerhin aber wird durch Anwendung der Chlorcalciumlösung wenigstens in den äußeren Holzschichten ein schützender schwerlöslicher Niederschlag von Gyps erzeugt. Aus Stöckhardt's Versuchen ergab sich, daß nur Eisenoxydul und Schwefelsäure in der Holzmasse und zwar in solcher Menge zugegen sind, daß man sie als dem Holze abichtlich zugefügt ansprechen kann. Das Eichenholz lieferte nämlich 6,2% Asche, worin 5,0 Eisenoxyd, das Buchenholz 5,9, worin 4,6 Eisenoxyd und das Tannenholz 6,8, worin 5,7 Eisenoxyd enthalten war, was 17,3, 15,9 und 19,8 krystallisiertem Eisenvitriol entspricht. Der Kalkgehalt betrug selbst in den der Rinde zunächst gelegenen Holzringen nur  $\frac{1}{2}\%$  bis höchstens  $\frac{1}{3}\%$  von dem Gewichte des Holzes, was man nur als natürlichen Aschenbestandtheil anzusehen hat.

Durch diesen Umstand dürfte jedoch der Werth des Payne'schen Verfahrens nicht geschmälert werden, da die conservirende Kraft des Eisenvitriols für sich durch zahlreiche Erfahrungen hinreichend erprobt ist.

Der Beforgniß, daß der Eisenvitriol durch den Regen aus dem Holze ausgelaugt werde, steht die Thatfache entgegen, daß nur ein 2—3 Sommer dauerndes Liegen in fließendem Wasser frischem Holze seine Safttheile zu entziehen vermag. Würde auch wirklich das atmosphärische Wasser bis zu einer beträchtlichen Tiefe eindringen, so wechselt doch dasselbe im Holze äußerst schwer und das bei trockenem Wetter verdunstende Wasser läßt den Eisenvitriol im Holze zurück. Das schwefelsaure Eisenoxydul verwandelt sich ferner unter dem Einflusse der Luft allmählig in Drydsalz und zwar in basisches, welches in Wasser unauflöslich ist, abgesehen von jenem Theile des Vitriols, welcher schon mit der Gerbsäure, dem Eiweißstoff und anderen organischen Bestandtheilen des Holzes unauflösliche Verbindungen bildet, die durch Überziehen der Zellenwände schon einen mechanischen Schutz durch Abhaltung von Wasser und Luft gewähren müssen.

Diese Voraussetzungen sah Stöckhardt auch durch seine Versuche gerechtfertigt. Dünne Scheiben von metallisirtem Eichen-, Buchen- und Tannenholz 12 Tage mit einer größeren Menge kalten Wassers in Berührung gelassen, lieferten beim Verbrennen 2,7, 3,1 und 2,1 Procente einer hauptsächlich aus Eisenoxyd bestehenden Asche, eben solche mit siedendem Wasser ausgezogen 2,2, 1,7 und 1,2%. Es blieb also trotz den der

vollständigen Auslaugung so günstigen Bedingungen eine nicht unbeträchtliche Menge Eisen im Holze zurück.

Baucher und Eichthal trankten das Holz zuerst mit Eisenvitriollösung, dann mit Wasserglas. Es entsteht Eisensilicat, welches das Holz unbrennbar und wetterfest macht.

Sättigen des  
Holzes mit  
der Erhal-  
tungsflüssig-  
keit durch die  
natürliche  
Aufsaugungs-  
kraft  
des lebenden  
Baumes.

Das einfachste Verfahren, welches schon 1806 von Heinrich Cotta empfohlen, vor etwa 10 Jahren zuerst versucht wurde, besteht darin, die natürliche Aufsaugungskraft des lebenden Baumes zur Durchbringung des Holzes von der Erhaltungsflüssigkeit zu benutzen, entweder bald nach dem Fällen, da der Baum seine Aufsaugungsthätigkeit gegen dargebotene Flüssigkeiten noch längere Zeit nachher behält, oder noch vor dem Fällen.

Im ersteren Falle wird der an der Wurzel gefällte Baum entweder in eine senkrechte, oder wenigstens in eine schräge Lage gebracht, so, daß der abgehauene Theil möglichst tief, die Äste des Baumes aber möglichst hoch zu liegen kommen. Ist er in dieser Stellung befestigt, so wird das untere Ende in das mit der Flüssigkeit gefüllte Gefäß gebracht, worin man ihn etwa 8 Zoll tief eintauchen läßt.

Eine Pappel von 84 Fuß Höhe und 16 Zoll Durchmesser war auf diese Weise nach 6 Tagen von holzessigsaurer Eisensflüssigkeit von 8° Baumé bis in die Blätter durchzogen und hatte dabei etwa 3 Hectoliter (ungefähr 5 Eimer) aufgenommen, eine Fichte von 64 Fuß Höhe und 20 Zoll Durchmesser war gleichfalls in 6 Tagen gesättigt und zwar von 2,8 Hectolitern.

Statt das ganze abgehauene Baumenende in die Flüssigkeit zu stellen, wozu das Gefäß ziemlich groß sein muß, kann man dasselbe auch bloß in einen luftdichten Sack einbinden und diesen entweder direct, oder mittelst eines Hebbers von einem Gefäße aus mit der Flüssigkeit gefüllt erhalten.

Methode von  
Baucherie  
mittelfst des  
horizontalen  
Einschnitts.

Einfacher noch als dieses Verfahren, welches nur dann anzuwenden wäre, wenn der Baum von seinem Standorte entfernt, conservirt werden soll, ist folgendes: Man sägt den Baum an der Stelle, an welcher er umgehauen werden soll, wenige Zoll tief im ganzen Umtreife ein, macht einige Zoll weiter unten einen gleichen, diesem parallel laufenden Einschnitt und schiebt nun die zwischen beiden Einschnitten stehende Rinde sowohl, als das Holz bis zum Kern oder Mark des Baumes bis auf etwa 4—5 Zoll Dicke aus. Damit der Baum bei diesem schwachen Stützpunkte nicht umschlage, wird er durch 2 oder 3 in den Ausschnitt eingestemmte Reile unterstützt, bei starkem Winde aber, oder wenn er schief gewachsen wäre, wird er durch ein Tau oder eine Sperre auf passende Weise befestigt. Unterhalb des unteren Einschnittes bindet man um den Stamm ein Stück Backsteinwand oder getheerte Leinwand fest, füllt den Winkel, welchen der nach aufwärts gerichtete Zeug mit dem Stamme bildet, bis etwa 4 Zoll unter dem Einschnitt mit Thon, Lehm oder einer andern von Wasser schwer durchdringlichen Masse aus und bindet dann den oberen Rand des Zuges über dem oberen Einschnitte gleichfalls fest um den Stamm, doch so, daß der Zeug den ringförmigen Einschnitt des Baumes nicht straff

überzieht, sondern um denselben gleichsam einen Beutel bildet, in dessen oberem Theile sich eine Öffnung befindet, in welche ein Heber luftdicht befestigt ist, der den Beutel aus einem Gefäße voll Essensalzlösung erhält.

Sobald die Salzauflösung die Blätter erreicht hat, was man an dem Dunklerwerden oder an der braunen Farbe derselben erkennt, oder auch ohne Weiteres nach 6 bis 7 Tagen kann die Operation für beendet angesehen und der Baum umgehauen werden. Um Flüssigkeit zu sparen, oder um beim Umhauen den Baum leichter behandeln zu können, läßt man dem Baum nur die Äste, welche gleichfalls conservirt werden sollen, oder etwa nur einen äußersten Zweig mit einem Blätterbüschelchen, um daran das Aufsteigen der Flüssigkeit erkennen zu können.

Im November 1845 wurden die von Boucherie nach seiner Methode präparirten, vor 3 Jahren an einer ziemlich feuchten Stelle des Waldes von St. Germain bei Paris vergrabenen Stämme ausgegraben, welche meist aus unter der Erde wenig dauerhaften Holzarten bestanden. Die nicht präparirten Stämme waren ohne Ausnahme nur noch formlose Klumpen, während die präparirten Stämme, so wie die präparirten Hälften von halbpäparirten ganz unversehrt waren<sup>1)</sup>.

Vielfachen Beobachtungen zufolge ist der Herbst die für diese Operation am meisten geeignete Jahreszeit, weniger der Sommer und noch weniger der Frühling, weil da die Aufsaugung fast nur in den äußeren Theilen des Baumes stattfindet; der Winter aber gar nicht, weil da die Flüssigkeit nur einige Fuß hoch aufzusteigen vermag. Die Nadelhölzer, welche ihre Blätter fortwährend behalten, können selbst noch im December und Januar getränkt werden und es tritt bei ihnen die ungünstigste Jahreszeit erst zu Ende Januars ein und dauert bis Ende Juni. Doch eignet sich auch für sie am besten der Herbst, namentlich dessen Anfang.

Die Absorptionskraft bleibt am ersten Tage der Aufsaugung ziemlich gleich, nimmt aber schon am zweiten, längstens am dritten rasch ab und ist nach 10 Tagen nur noch schwach.

Werkwürdigerweise vermehrt die große Menge eingefogener Flüssigkeit das Gewicht des Holzes nicht, sondern verringert es vielmehr, was sich nur daraus erklären läßt, daß mit dem Durchbringen von Flüssigkeit das Leben des Holzes und mit ihm auch die Kraft, den natürlichen Wassergehalt zurückzuhalten weit schneller erlöscht, sonach das Holz sehr rasch austrocknet.

Der Theil des Baumes zwischen Rinde und Mark, welcher dem Verderben am leichtesten unterliegt, ist gerade auch derjenige, welcher am meisten von der Salzauflösung durchdrungen wird.

Über verschiedene Methoden, das Holz mit der Erhaltungsflüssigkeit zu tränken, sind beim Bergbau in Clausthal<sup>2)</sup> Versuche mit holzsaurem

1) La Presse. 28. Nov. 1845; Ökonom. Neuigkeiten und Verhandlungen. 1846. S. 48.

2) Dingler's polytechn. Journal. Bd. 97. 1845. S. 80.

Offen und einer Auflösung des Abfallkalzes der Salpaterfieberstein (Chloretium) angesetzt worden: 1) bei auf dem Stamme stehenden Bäumen (Fichten) a) nach der Methode von Boucherie durch horizontalen Schnitt, b) durch in den Stamm eingebohrte Löcher und zwischen denselben herausgesägte Ausschnitte, c) allein durch in den Stamm gebohrte Löcher oder d) durch Anbohren der Wurzeln; 2) bei gefällten Bäumen a) im Liegen der Stämme mittelst Anbohrung und eines normal gegen die Ape des Baumes und an der Rinde wieder verklebten Schnittes; b) durch Eintanken des Baumes mit seinem Stammende in ein die Flüssigkeit enthaltendes Gefäß; c) mittelst Einseihung und zwar einmal, indem das Stammende zur Aufnahme der Flüssigkeit ausgehöhlt und nach Oben gerichtet aufgestellt, dann, indem das obere Ende ausgehöhlt, mit Flüssigkeit gefüllt und in seiner natürlichen Lage aufgerichtet wurde.

Diese Versuche ergaben im Allgemeinen:

1) Die Aufsaugung der Flüssigkeit erfolgte immer nur im Splinte des Stammes und gewöhnlich auf einer Seite vollkommener, als auf der andern.

2) Nur über den Flächen oder Querschnitten des Splintes hat die Aufsaugung stattgefunden, welche unmittelbar mit der Flüssigkeit in Berührung kamen, so, daß demnach das Aufsaugen nur nach den Längengefäßen des Baumes stattfindet.

3) Bei einer einzigen 14 Schuh hohen Fichte hat die Flüssigkeit den Gipfel des Baumes erreicht und ist in die Äste eingebracht, immer aber nur im Splinte. Junge Bäume saugen die Flüssigkeit immer leichter und vollständiger auf.

4) Die größte Höhe hat sie bei einem durch 6 Löcher angebohrten Baum erreicht, worin sie binnen 12 Tagen bis zur Höhe von 70 Fuß hinaufflieg.

5) Die Tränkung der liegenden Stämme ist sehr unvollkommen erfolgt.

6) Bei der Einseihung der Flüssigkeit in aufrecht stehende Stammstücke hat sie auch nur den Splint durchdrungen und bei dem aufgerichteten Stammende nur in dem der Rinde zunächst befindlichen Splinte, dagegen, wenn das schwächere Ende nach Oben stand, mehr die dem Kerne nahe liegenden Jahreshinge des Splintes. Die Versuche haben außerdem ergeben, daß die Arbeit bei dem stehenden Holze zu schwierig und kostbar sein würde, um sie im Großen auszuführen, dagegen aber das Infiltriren der Flüssigkeit, welches nach der Anfuhr des Holzes auf den Werken stattfinden kann, wenn es überhaupt vorthellhaft erscheint, ausführbar sein würde. Dieses letztere soll daher fortgesetzt werden und es werden zugleich Versuche über den Einfluß der Infiltration der verschiedenen Flüssigkeiten auf die Dauer der Hölzer angesetzt werden.

Mittel gegen  
den Holz-  
schwamm.

Ist an einem Orte der Holzschwamm entstanden, so wäre es das sicherste Mittel, die angestochten Holzstücke sogleich von den übrigen zu entfernen. Wo dies nicht angeht, werden die vom Schwamm ergriffenen

Stellen häufig mit einer Auflösung von einem Theile Eisenvitriol in sechs Theilen Wasser bestrichen, nachdem der Schwamm zuvor durch Bürsten und Abtrocknen von der Oberfläche weggebracht worden ist <sup>1)</sup>).

Leube will durch mehrere Zoll hohes Bestreuen des ergriffenen Holzes mit hydraulischem Kalk den Holzschwamm vollständig vertilgt haben, so daß er auch nach 7 Jahren keine Spuren mehr davon bemerken konnte, obgleich vorher Sublimat, Eisenvitriol, Alaun, Holztheer und Kohlenpulver erfolglos angewendet worden waren.

Das holzessigsaure Eisen bewahrt, wie schon oben angegeben wurde, das Holz nicht nur vor jedem Verderben desselben, sondern es gibt demselben auch, indem es die Holzfaser zusammenzieht und zugleich durch die Austreibung des Wassers einen beträchtlichen Grad von Härte, wenigstens das Doppelte von seiner Härte im natürlichen Zustande. Erhöhung der Härte des Holzes bei der Conservation.

Biegsamkeit und Geschmeidigkeit des Holzes sind oftmals sehr gesuchte Eigenschaften, wie beim Schiffsbau und namentlich für die Masten. Gewöhnlich steht die Elasticität in geradem Verhältnisse zu seinem natürlichen Feuchtigkeitsgehalte und nimmt daher mit dem Austrocknen ab. Tränkt man daher das Holz zur Conservation mit hygroskopischen Salzen, wie Chlorcalcium oder Chlormagnesium, so verhindern diese das Austrocknen des Holzes, indem sie das einmal aus der Luft angezogene Wasser hartnäckig zurückhalten. Am besten eignet sich hierzu vermöge ihrer Billigkeit die Mutterlauge der Salinen als reichhaltig an Chlormagnesium. Je nach der Concentration der Salzlösung kann man die Elasticität beliebig erhöhen. Über zolldicke Bretter konnten nach dem Tränken mit concentrirter Chlorcalciumlösung schraubenartig gedreht werden, ohne zu zerbrechen, und nahmen jedesmal ihre vorige Lage wieder ein und behielten diese Eigenschaft noch nach Jahren unverändert bei.  $\frac{1}{2}$  holzessigsaures Eisen zugelegt, mindert zwar die Elasticität etwas, allein das Holz conservirt sich besser, als mit den zerfließlichen Salzen allein. Erhöhung der Elasticität.

Diese Salze befreien auch das Holz von der lästigen Eigenschaft, zu schwinden und auch nach vollständigem Austrocknen bei zunehmender Luftfeuchtigkeit sich auszudehnen und bei erfolgendem Austrocknen wieder zusammenzuziehen, indem es ihm für jeden Feuchtigkeitsgrad der Luft so ziemlich gleichmäßig  $\frac{1}{2}$  seines natürlichen Wassergehaltes erhält. Verhinderung der abwechselnden Ausdehnung und Zusammenziehung des Holzes bei der Conservation.

Vgl. auch den Aufsatz über Holzconservation in Hülse und Stöckhardt's polytech. Centrallatt. Chemnitz 1847. S. 115—118 aus dem Bulletin du musée. 1846. 3. Livr. S. 55 und Bed in den ökon. Neuigkeiten und Verhandlungen von Plubel in Graß. 1847. S. 361—366.

1) Vgl. auch den Allgem. Anzeiger der Deutschen. 1846. Nr. 175 oder Artus' Jahrbuch f. ökonom. Chemie. Jahrg. 1. 1847. S. 105.



Tabellarische Übersicht der bis zum Jahre 1846 in Vorschlag gebrachten Holzconservirungsmethoden. Von A. Stöckhardt.

Nr.	Jahr	Erfinder	Conservirende Substanz	Manipulationen.
1	1657	Glauber	Holztheer und Holzessig . . .	Das Holz wird über Feuer verkohlt und dann mit Holztheer bestrichen oder in Holzessig eingeweicht.
2	1740	?		Dämpfen des Holzes.
3	1798	Holmeister	Kochsalzlösung . . . . .	Bestreichen und Einweichen.
4	1806	Pertine	Kochsalz . . . . .	Ausfüllen der Zwischenräume der Holzconstructionen mit trockenem Kochsalz.
5	1815	Bowden	Seewasser . . . . .	Durch mehrwöchentliches Bestreichen des Holzes ins Meer.
6	1820	Pasley	Unversehbare Flüssigkeiten, z. B. Säuren (H).	Das Holz wird zuvor mit Wasser ausgekocht und sodann in die unversehbare Flüssigkeit gelegt.
7	1821	Knowles und Davy	Quecksilberchlorid . . . . .	Durch Einweichen.
8	1821	Dinebale	Holztheer, dem man zuvor seine Essigsäure entzogen hat.	Durch öfteres Bestreichen oder Einweichen.
9	1822	Prechtl	Ätherdampf . . . . .	Das Holz wird gedämpft, zuerst mit Wasserdampf säuen, dann mit dem Dampfe von einer Mischung aus Wasser und Äther.
10	1823	Dyford	Ätheröl, welches zuvor einer Behandlung mit Chlorgas unterlegen hat.	Durch wiederholtes Bestreichen.
11	1826	Gox	Eine Gemenge von Äther, Parz und Schwefel.	Absäugen des Holzes durch Bestreichen und Einreiben.
12	1826	Langton	. . . . .	Durch Auspumpen der Luft aus dem erkrankten Holze.
13	1826	Newmarch	Eine Gemenge von Leinöl mit Kupfervitriol, Grünspan, Arsenik oder Alaun.	Durch 3- bis 4stündiges Einkochen.
14	1828	Goffier	Salzlösungen, welche sich gegenseitig zerlegen und eine unlösliche Verbindung im Holze zurücklassen, z. B. a) Chlorcalcium; b) Glaubersalz, Eisenvitriol oder arseniksaures Natron.	Durch abwechselndes Einweichen in den Lösungen der gedachten Salze.
15	1829	Garey	Eine Gemenge von Kochsalz, Kohlenpulver und Äther oder Öl.	Das Holz wird ausgehöhlt, die Höhlung mit der erkrankten Masse ausgefüllt und wieder verschlossen.
16	1831	Bréant	Bilge und harlige Stoffe oder Lösungen von beliebigen Salzen.	Das Holz wird in einem stehenden eisernen Cylinder, entweder so wie es ist, oder nach vorgängiger Entfernung der Luft mit den Flüssigkeiten unter Anwendung von Druckpumpen getränkt. Die Evacuation erfolgt durch einen zweiten mit dem ersten verbundenen großen Cylinder, in welchen man Dampf einströmen läßt, den man vorher durch Einführen von Wasser condensirt, wodurch derselbe als Saugpumpe wirkt.
17	1832	?	Rauch . . . . .	Das Holz wird längere Zeit dem Rauche von langsam verglimmendem grünen Holze ausgesetzt.
18	1832	Kyan	Quecksilberchloridlösung . . .	Durch Einweichen, späterhin auch durch Eintränken.
19	1832	(besagl. Chevallier 1836)	Äther und eine Abkochung von Labdactilien.	Durch Bestreichen oder Einweichen.
20	1833	?	Eine Lösung von Parz in Fischthran.	Durch öfteres Bestreichen und Einreiben.
21	1833	?	Eine Lösung von Kautschuk in fetten Oelen.	Desgleichen.
22	1834	Strüßli und Gew.-Verein zu Berlin	Eisenvitriollösung (oder Umgeben des Holzes mit Schwefelkies).	Durch wiederholtes Bestreichen.
23	1835	Montelith	Kalkwasser . . . . .	Durch Einweichen.
24	1835	?	Eine Lösung von Parz in Terpentinöl.	Durch Einweichen der heißen Lösung.
25	1835	Koll	Dämpfe von Cupion u. Kreosot.	Durch Dämpfen in einem geschlossenen und erhitzten Raume.
26	?	?	Concentrirte Schwefelsäure . .	Bestreichen damit, um das Holz oberflächlich zu verkohlen.
27	1837	Hlocton	Holztheeröl u. essigsaures Eisen.	Durch Einweichen.
28	1837	Grandville	Salzsole . . . . .	Desgleichen.
29	1837	Letellier	Quecksilberchlorid u. Seimwasser	Das Holz wird in der Sublimatlösung gewaschen, getrocknet und hierauf in heißes Seimwasser gelegt.
30	1837	Gotthilf	Parzige Lösungen, z. B. Äther und Terpentinöl, mit Zusatz von Kochsalz.	Durch 1-2 stündiges Einlegen in die bis auf 135-207° C. erhitzte Lösung mit oder ohne Anwendung von Saug- und Druckpumpen.
31	1837	Kergary	Kupfervitriol- oder Grünspanlösung.	Das Holz wird zuvor getrocknet und dann in die Kupferlösung gelegt.

Nr.	Jahr	Erfinder	Conservirende Substanz	Manipulationen.
32	1837	Durch das Annaberger Gewerkebl.	Wasserglas und Salzsäure . .	Das Holz soll 30 Tage lang in der Wasserglaslösung geweicht, dann in durch Salzsäure angesäuertes Wasser gelegt und zuletzt abgepült, getrocknet und mit Oel abgetrieben werden.
33	1888	Deffy	Salze, die sich gegenseitig zerlegen, z. B. a) Jinnchlorid oder Chlorzucker; b) Soda oder Kaltwasser.	Durch abwechselndes Weichen in den gedachten Flüssigkeiten.
34	1888	Burnett	Jinnchloridlösung . . . . .	Durch 10–20tägiges Einweichen.
35	1838	Wetzel	Aluminöse, kieselhaltige Flüssigkeiten, z. B. Theeröl, holzsaures Eisen u., welche vorher von Ammoniak befreit werden.	Auspumpen der Luft und Einpressen der Flüssigkeiten unter Anwendung von starkem Druck.
36	1839	Couherie (besgl. Uglis)	Holzsaures Eisen, Holzessig, Salzmutterlauge, salzsaure Kalk-, Kupfervitriol-, Quecksilberchlorid u.	Die Flüssigkeit soll entweder durch das natürliche Aufsaugungsvermögen der lebenden Bäume aufgenommen oder durch Infiltration dem bereits geschlagenen, aber noch frischen Holze eingebracht werden.
37	1840	Hieselle	Stoffe, welche sich gegenseitig zerlegen, z. B. Wasserglas, und nachher verdünnte Schwefelsäure, oder Alaunlösung und nachher Pottaschelösung.	Das Holz wird zuerst in einem eisernen Cylinder gedämpft, worauf man Alaunlösung u. in den Cylinder treten läßt, welche man eine Zeit lang durch Dampf im Kochen erhält; dann ersezt man die Alaunbrühe durch eine Lösung von Pottasche.
38	1840	Münzing	Schwefelsaures oder salzsaures Manganorybul (Rückstand v. der Chlorbereitung).	Durch Einlegen in die Lösung.
39	1841	Pons	Eine Lösung von salpetersaurem Eisen, Salpeter, Alaun und Blutlaugensalz (!).	Desgleichen.
40	1841	Payne	Salze, welche sich gegenseitig zerlegen, z. B. Eisenvitriol und Chlorcalcium, Eisenvitriol und Pottasche, Alaun und Pottasche u.	Das Holz kommt in ein Gefäß, welches luftleer gepumpt und dann mit der ersten Salzlösung angefüllt wird, deren Eindringen ins Holz noch durch Druck befördert wird; ebenso wird, nach Entfernung der ersten, die zweite Salzlösung eingepreßt. In einigen Fällen ist es nöthig, das Holz zwischen dem Tränken mit den zweierlei Flüssigkeiten ganz oder theilweise zu trocknen.
41	1842	Kimpich	Quecksilberchlorid, wie Ryan.	Durch Einweichen.
42	1843	Partes (besgl. Paffes 1845)	Kautschuk gelöst in Schwefelkohlenstoff oder Eupion.	Durch Anstreichen oder Imprägniren.
43	1843	Carte	Eine Lösung von Eisen- und Kupfervitriol.	Durch Einweichen.
44	1844	Duchner (v. Reichenbach)	Wasserglas und Eisenvitriol.	Das Holz wird zuerst gedämpft, dann mit Eisenvitriollösung und zuletzt mit Wasserglaslösung getränkt.
45	1845	Kaufmann (besgl. Newton u.)	Eine durch Kochen erhaltene Auflösung von Kiesel-erde in Natrium-lauge (Wasserglas), die später durch irgend eine Säure zerlegt wird.	Nachdem die Luft aus den Holzporen herausgezogen, soll die Wasserglasflüssigkeit in dieselben hinein gepreßt werden; zuletzt wird das Holz einige Zeit in eine saure Flüssigkeit gelegt.
46	1846	Benjat und Banner	Eine Schwefelsäure oder salzsaure Kupferlösung, die später durch salzsauren Baryt zerlegt wird.	Die Imprägnation erfolgt nach der Payne'schen Methode (Nr. 40).
47	1846	Payne	Unlösliche Schwefelmetalle (Schwefelcalcium od. Schwefelbaryum), welche nachher durch eine Säure oder ein Metallsalz (Eisenvitriol u.) zerlegt werden.	Die Luft wird erst durch Wasserdampf aus dem Holze verdrängt, worauf die sich gegenseitig zerlegenden Lösungen, wie bei Nr. 40, in das Holz eingepreßt werden, so daß sich darin Schwefel oder ein unlösliches Schwefelmetall und Gyps ablagert.

## Die Kohlenbrennerei.

Zweck der  
Kohlenbren-  
nerei.

Man unterscheidet, wie schon früher gezeigt wurde, bei der Verbrennung des Holzes eine doppelte Quelle der Wärmeentwicklung. Die Gasetten, welche im Beginne der Verbrennung entweichen, erzeugen durch ihre Verbrennung eine schneller vorübergehende, aber auch noch auf eine gewisse Entfernung sehr intensiv wirkende Hitze, die nach der Beendigung der Gasentwicklung zurückbleibende Kohle eine mehr anhaltende, weniger in die Ferne, aber kräftiger auf nahe befindliche Gegenstände wirkende Hitze.

Unter gewissen Verhältnissen kann sich eine Verwandlung des Holzes in Kohle, obgleich die Hitze des Flammfeuers dabei ganz verloren geht, als zweckmäßig erweisen. Dieser Fall tritt ein bei Heizungen, womit entweder eine Reduction, oder doch wenigstens keine Drydation der zu erheizenden Gegenstände verbunden werden soll, wie bei der Darstellung der Metalle aus ihren Erzen, beim Glühen und Schmelzen der Metalle, namentlich beim Schmieden des Eisens und Kupfers, dann überhaupt immer, wo man mit einer kleinen Masse von Brennmaterial einen hohen Hitze-grad in einem beschränkten Raume, nicht sowohl, wie beim Flammfeuer vorzugsweise nach Oben, sondern gleichförmiger nach allen Richtungen hervorzubringen beabsichtigt, wo es sich ferner wegen Erleichterung des Transports um möglichste Verringerung des Gewichts und Volums bei dem zu verwendenden Brennmaterialie handelt.

Die Darstellung der Holzkohle wird daher aus letzterem Grunde gleich an dem Orte der Erzeugung des Holzes vorgenommen und bildet deshalb einen unter unmittelbarer Leitung des Forstmannes stehenden Gewerbezweig.

Abnahme des  
Holzgewichts  
und Volums  
beim  
Verkohlen.

Was die Verminderung des Volums und Gewichts beim Holze betrifft, so erhalten nach Hartig geschälte Köhler aus 100 Kubikfuß oder 3906 Pfund dürrtem Buchenholz 30 Kubikfuß oder 840 Pfund Kohlen, und aus 100 Kubikfuß oder 3600 Pfund dürrtem Kieferholz 34 Kubikfuß oder 578 Pfund Kohlen. Das Buchenholz verliert also fast  $\frac{1}{3}$  am Gewichte und  $\frac{1}{10}$  am Volum, das Nadelholz  $\frac{1}{3}$  am Gewichte und  $\frac{1}{5}$  am Volum, wenn man letzteres sowohl beim Holze, als bei der Kohle ohne leere Zwischenräume annimmt. Nach Hundedhagen ergeben die Kohlen im Allgemeinen 30, 40—50 Volumprocente des angewendeten Holzes.

Quantität  
und Qualität  
der Kohle sind  
verschieden  
nach der Art  
der Verkoh-  
lung.

Die Quantität ist übrigens sowohl als die Qualität verschieden nach dem vollkommenen oder theilweisen Luftabflusse und nach der rascheren oder langsameren Einwirkung der Hitze.

In völlig verschlossenen Gefäßen liefert dasselbe Holz 82 Raum- und 23 Gewichtsprocente einer leichten, lockeren Kohle, welches bei theilweisem Luftzutritte 61—65 Raum- und 24 Gewichtsprocente einer weit dichteren (schweren) Kohle liefert, weil sich nämlich im ersteren Falle der Wasserstoff des Holzes mit einem Anthelle Kohlenstoff zu Leucht- oder Grubengas verbindet und damit entweicht, in letzterem Falle aber mit dem Sauerstoff der zutretenden Luft zu Wasser verbrennt, wodurch zwar ein Theil des Kohlenstoffs mit verbrennt, ein größerer dagegen, der sonst verflüchtigt

worden wäre, zurückbleibt. Erhält dagegen die Luft einen völlig freien Zutritt, so erhält man beim Erlöschen des brennenden Holzes eine Kohle, welche noch weit leichter und schwammiger ist, als die in völlig verschlossenen Gefäßen erhaltene, weil hier der mit dem Sauerstoff der Luft verbrannte Kohlenstoff weit mehr beträgt, als der, welcher sich in verschlossenen Gefäßen mit dem Wasserstoff verbindet.

Auch das schnelle oder langsame Steigern der Hitze übt einen unterschiedenen Einfluß auf die Größe der Kohlenausbente. Die meiste Kohle wird bei langsam gesteigerter Hitze gewonnen, weil dann das nicht chemisch gebundene Wasser des Holzes (etwa 25% des lufttrockenen Holzes) früher entweicht, als irgend ein Theil der Masse ins Glühen kommt. Trifft dagegen das Wassergas von einem später von der Hitze erreichten Theile des Holzes mit einem bereits glühenden Theile der Masse zusammen, so entsteht Wasserstoff, Kohlensäure und Kohlenoxyd. Es wird also bei einer raschen und demnach weniger gleichmäßigen Einwirkung der Hitze eine nicht unbeträchtliche Menge von Kohlenstoff entführt, so daß man auf solche Weise nur 12—17% an Kohle gewinnt, während sich bei langsamer Verkohlung eine Ausbeute von 24—28% ergibt. Übrigens wird die Kohle um so dichter, einer je höheren Temperatur sie beim Verkohlen ausgesetzt war. (Die Tabellen über die Brennkraft der Kohle und die Kohlenausbente s. unten).

Das Holz, welches alles seines Wassers beraubt ist, enthält ziemlich gleiche Mengen, nämlich 52 Gewichtsprocente Kohlenstoff, welche Gleichförmigkeit nur etwas durch das verschiedene Verhältniß der in den Holzgefäßen befindlichen Saftsubstanzen gestört wird. Danach müßten 100 Gewichtstheile Holz mit dem durchschnittlichen Wassergehalte von 25% gegen 40 Gewichtstheile Kohle geben, was aber nie der Fall ist. Gewöhnlich ist die Ausbeute nur 25, zuweilen noch unter 20%. Dies beruht auf dem Umstande, daß ein Theil des Holzes ganz verbrennt, um die zur Verkohlungs nöthige Hitze zu erzeugen, und weil nicht aller Sauerstoff und Wasserstoff des Holzes als Wasser, sondern auch in Verbindung mit Kohlenstoff abgeschieden wird, zum Theil als die oben erwähnten Gasarten, zum Theil als Holzkohl, Theer etc.

Ungeachtet der ziemlich gleichen chemischen Zusammensetzung der verschiedenen Holzarten hat dennoch die Erfahrung gelehrt, daß die Kohlen ebenso verschiedene Hitzkraft besitzen, als das Holz, woraus sie gebrannt werden, was vorzugsweise auf dem verschiedenen Gefüge des Holzes zu beruhen scheint. Festes Holz gibt daher im Allgemeinen eine bessere (dichtere) Kohle, als weiches. Weniger scheint der Standort des Holzes auf die Güte der Kohle zu influiren, desto mehr aber das Alter und der Trockenheitsgrad desselben. Beim Laubholze liefert das mittelmäßige, beim Nadelholze das ältere die stärkste Hitze. Außer der Saftzeit gefälltes Holz gibt mehr Hitze und bessere Kohlen, als im Saft gehauenes. Übrigens taugt ganz frisches so wenig, als ganz darrtes Holz zur Verkohlung. Zu viel Wasser nimmt zu viel Wärme für seine Verdunstung in Anspruch,

Die Ausbeute an Kohle beträgt fast nur die Hälfte des Kohlenstoffs im Holz.

Quantität und Qualität der Kohle sind verschieden nach der Art des Holzes.

die Verkohlung erfolgt daher zum Theil nur unvollständig. Bei zu wenig Wasser geschieht dagegen die Erhitzung zu rasch und demnach ungleichmäßig, man erhält deswegen durch die Wirkung der Wasserdämpfe auf schon glühende Theile eine leichte Kohle. Frisch geschlagenes Holz gibt eben deshalb mehr Kohle, als ganz dörres, allein seine Verkohlung erfordert sehr große Vorsicht, wenn der durch größere Ausbeute erzielte Vortheil nicht durch die geringe Qualität der Kohle verloren gehen soll. Nach Duhamel soll das Holz nicht länger als 2 Monate auf dem Gehauce stehen bleiben, bevor man es zur Verkohlung verwendet. Anbrüchiges oder gar faules, so wie durch Flößen ausgelaugtes Holz liefert schlechte oder ganz unbrauchbare Kohle.

Übrigens eignen sich zur Verkohlung mit Ausnahme des schwächeren Reifigs alle Gattungen und Sorten von Holz wie zum Verbrennen an offenem Feuer; ja viele derselben, die dem letzteren Zwecke weniger angemessen sind, liefern noch sehr viele und gute Kohlen.

Die Form des zu verkohlenden Holzes.

Eine Berücksichtigung verdient jedoch auch die Form des zu verkohlenden Holzes. Alle Kloben oder Scheite erhalten, damit sie sich bequem aneinander reihen lassen, eine gleiche Länge. Man wählt dazu eine möglichst große, nicht unter 3, aber auch nicht über 6 Fuß lang. Über 6 Zoll dickes Holz muß noch einmal gespalten werden, weil sonst die zur Verkohlung erforderliche Hitze nicht bis ins Innere dringen würde. Von dem geringen, nicht spaltigen Holze dagegen können selbst alle Stücke, die 1 Zoll im Durchmesser haben, verkohlt werden. Astholz dient, weil es gewöhnlich krumm ist, nur zum Ausfüllen der Zwischenräume.

Passende Jahreszeit zur Holzverkohlung.

Die günstige Jahreszeit zur Holzverkohlung ist im Allgemeinen von Anfang oder Mitte Mai bis Ende September, weil früher und später die Luft zu feucht, die Nächte zu lang und die Witterung zu stürmisch ist. Doch auch bei allzu trockener Sommerzeit ist die Verkohlung weniger vortheilhaft. Am allerungünstigsten aber ist der Erfolg, wenn man unmittelbar nach dem Abgange des Schnees Holz verkohlt. Man erleidet nach Hartig's Beobachtung einen Verlust von  $\frac{1}{4}$  der Kohlenmasse bei einer solchen Verkohlung auf feuchtem Boden, etwas weniger bei trockenem Holze. In moorigen und sumpfigen Gegenden müssen indessen ohne Wahl die Wintermonate zur Verkohlung benutzt werden. Sonst wählt man am besten bei Laubholz die ersten Frühlingsmonate, bei Erlen und Birken, damit die Wurzeln wieder Schößlinge treiben können, bei Eichen, um die Rinde für Gerbereien zu gewinnen. Auch bei Nadelholz zieht man die Wintermonate vor, ehe der Saft in die Bäume tritt, um das Stocken zu vermeiden.

Auswahl des Ortes zum Kohlenbrennen.

Auch der Ort, wo eine Kohlenbrennerei betrieben werden soll, ist nicht gleichgültig. Es lassen sich hierüber folgende Regeln aufstellen:

- 1) Am meisten sind jene Plätze vorzuziehen, wo man möglichst viel Holz auf einer Stelle verkohlen und das Holz bequem beschaffen kann.
- 2) Nächstdem sei die Stelle möglichst nahe an einer Schneise, Stelweg oder Alee, oder am Saum des Walddistriktes, so daß man bequem dazu fahren kann.

3) Man legt die Kohlenstätte nicht in einer Tiefe an, wo sich Regenwasser sammelt, weil sonst bei entstehendem Regen der untere Theil des Kohlenhaufens in Wasser gesetzt wird und entweder ganz verlöscht, oder doch viele Brände (halb verkohlte Stücke) liefert. Ebenso wenig wählt man aber eine Anhöhe, weil dort der Luftzug zu stark wäre, wodurch nicht allein die Arbeit der Köhler vermehrt wird, sondern auch ein Theil der Kohlen in Flammen ausbrechen und daher verbrennen würde. Am besten eignet sich demnach ein Platz in einer Ebene, welcher sich etwas Weniges erhebt und dabei von einem Berge oder einem dichten Walddistrikte geschützt ist.

4) Der Boden soll weder feucht, noch zu bindend, oder zu locker, oder steinig, oder gar einer Überschwemmung ausgesetzt sein. Der beste Waldboden ist auch gewöhnlich der vortheilhafteste zur Köhlerei, weil er nicht zu viel (wie z. B. der Sandboden) und nicht zu wenig Luft durchläßt, nicht festbrennt und die aus dem Holze fließende Feuchtigkeit leicht aufnimmt.

5) Zweckmäßig ist es endlich auch, wenn Wasser in der Nähe oder nicht zu weit entfernt ist, theils, um es bei möglichen Unglücksfällen schnell bei der Hand zu haben, theils die Zeit zur Herbeischaffung dieses immer nöthigen Materials zu sparen.

Besonders vortheilhaft ist es natürlich, alte Meilerstätten wieder aufzusuchen, weil diese weniger Zubereitung erfordern, als neu anzulegende, in der Regel schon das zur Decke des Meilers hinreichende Gestübe liefern, und der Verlust bei den ersten Verkohlungen hier nicht halb so groß ist, als bei neuen Stätten.

Die Verkohlung des Holzes im Großen geschieht entweder in Öfen, innerhalb gemauerter oder aus Eisen gefertigter verschlossener Räume, in denen das Holz erhitzt wird, wo nämlich der Gewinn an Holzsäure und Theer die Verkohlungskosten aufwiegt und wo dieselben als Hauptprodukte betrachtet werden, oder unter beweglichen Decken, nämlich von Reisig, Rasen, Laub, Moos, Erde und feuchter Kohlenlösch, wo also die Luft einen, jedoch beschränkten, Zutritt hat, wenn es darauf ankommt, die Verkohlung mit den geringsten Kosten, dem geringsten Holzverbrauche zu bewirken, und wo die Gewinnung der Kohle den Hauptzweck bildet, da man die erwähnten flüssigen Produkte nur theilweise dabei auffangen kann. Man erhält hier bei langsamer, vorsichtiger Verkohlung eine ebenso große Ausbeute, als in den Öfen bei völlig abgehaltener Luft. Entschiedene Vorzüge besitzt aber die Verkohlung unter beweglichen Decken vor der Verkohlung in Öfen, wo erstere durch den Zutritt der Luft bewirkt wird, weil die hohlen Räume, welche durchs Schwinden des Holzes beim Verkohlen entstehen, durch die bewegliche Decke weniger nachtheilig werden. Die Verkohlung des Holzes unter beweglichen Decken ist entweder eine Verkohlung in Meilern oder in Haufen.

Die verschiedenen Arten der Verkohlung.

Bei dem ersteren Verfahren werden die Holzstücke oder Scheite horizontal neben und aufeinander, oder fast vertical mit einer Neigung

Verkohlung in Meilern.

gegen den Horizont, in einer oder mehreren Schichten aufgestellt. So aufgeschichtete Holzstöcke von der Form eines abgerundeten Kegels heißen **Meiler**, und zwar die von der ersteren Construction liegende, die von der letzteren aber stehende Meiler. Die Behandlungsart beim Verkohlen ist übrigens bei beiden dieselbe.

Zurichtung  
der Meiler-  
stätte.

Nachdem man sich einen passenden Platz zum Verkohlen ausgesucht hat, wird die Stätte für beide Arten von Meilern auf folgende Weise zubereitet:

Man ebnet und entblößt eine Stelle von Rasen, deren Größe sich nach der Größe des zu erbauenden Meilers richtet, so daß noch ein drei Fuß breiter Gang rund um den Meiler bleibt. Für einen Meiler von 18 Fuß müßte demnach diese Stelle 24 Fuß Durchmesser haben. Die Figur derselben muß kreisförmig und ihre Oberfläche vollkommen horizontal sein. Ist der Boden so abhängig, daß man darauf keine horizontale Ebene von verlangtem Durchmesser antrifft, so muß die Meilerstelle größtentheils in den Berg gegraben und der übrige Theil verbrückt werden. Eine solche Verbrückung besteht aus einem Gerüste von Pfosten und dicht zusammengerückten Balken, die  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Fuß hoch bedeckt werden. Doch ist unter solchen Umständen wegen des ungleichen Luftzuges immer große Aufmerksamkeit erforderlich, und das Ergebniß gewöhnlich weniger günstig; Man legt deshalb auch nur im Nothfall dergleichen Kohlenplätze an. Ein nasser Grund erfordert die Legung eines Kofkes von Ästen mit Erde bedeckt.

Alle Meilerstätten, welche auf einem nur einigermaßen feuchten Boden angelegt werden, läßt man, bevor man darauf verkohlet, einige Zeit zugerecht liegen, am besten vom Herbst bis zum Frühjahr. Man gewährt dann leicht die Punkte, welche sich mehr gesetzt haben, wo also der Luftzug scharf ist, und kann sie leicht verbessern.

Man schlägt nun in die Mitte des Platzes einen Pfahl, Quandelpfahl, und zeichnet vermittelst einer daran gebundenen Schnur, oder einer daran gehaltenen Stange die Rundung ab, und läßt nun den Boden von der Peripherie nach dem Quandelpfahle so viel steigen, daß dieses Streichen, nach Verhältniß der Größe der Meilerstelle, am Quandelpfahle etwa 8 bis 14 Zoll beträgt, damit die unteren Theile der Holzstücke nicht ganz platt auf dem Boden stehen, also leichter verkohlen und damit die aus dem Holze schwizenden Feuchtigkeiten leichter abfließen, als wenn die Meilerstelle ganz eben ist.

Zurichtung  
des Meilers.

Hierauf schreitet man zur Errichtung des Meilers selbst, wobei man zu unterscheiden hat, ob der Meiler von Oben oder von Unten angezündet werden soll.

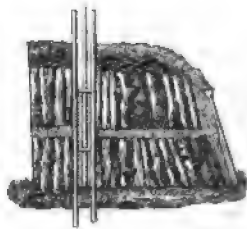
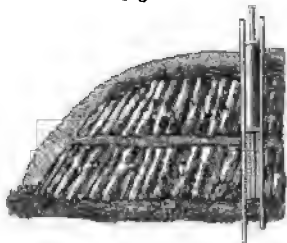
Im ersteren Falle richtet man an der Stelle des Quandelpfahls eine 12 Fuß lange Stange, den Quandel oder die Quandelstange senkrecht auf. Diese Stange umbindet man mittelst mehrerer Weiden mit trockenem Ast- und Reiserholz, so daß das Ganze einer aufrecht stehenden 12 Zoll dicken Faschine gleich sieht. Oder man steckt 3 oder 4 solcher Stangen

10 bis 12 Zoll von einander entfernt, . . . in der Mitte der Meilerstelle ein, verbindet sie mit Weiden und füllt den Zwischenraum mit dürrn Holzstücken oder Bränden aus.

Um den auf die eine oder andere Weise aufgerichteten Quandel wird nun beim **stehenden Meiler** das zuvor schon nach seiner Stärke sortirte Holz auf folgende Art gereiht: Man stellt dem Quandel zunächst etwas dünn gerissenes Scheitholz, die Rinde nach Außen gekehrt, so nahe aneinander und so senkrecht als möglich. Denn je mehr senkrecht die Scheite gestellt werden können, desto weniger bleiben Zwischenräume, die den Zutritt der Luft erleichtern und dadurch die äußersten Scheite, welche die Decke tragen, abkühlen. Dies ist indessen oft nicht ausführbar, weil die bewegliche Decke auf den fast senkrechten Scheiten nicht ruhen würde. Je lockerer und beweglicher daher letztere ist, eine desto stärkere Neigung gegen die Mitte muß dem Holze gegeben werden. Hat man daher Kohlenlösch zur Decke, die weniger geneigt ist, herabzurollen, so kann das Holz mehr

Fig. 106.

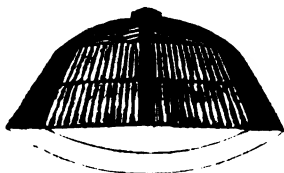
Fig. 107.



senkrecht, wie in Fig. 106, hat man aber nur sandiges Erdreich, so muß es mehr geneigt, wie in Fig. 107 gestellt werden. Die Zwischenräume werden mit kurz gehauenen Stücken ausgefüllt.

Hat der entstehende Meiler einen Durchmesser von etwa 4 Fuß erreicht, so stellt man das dickste Holz in gleicher Vertheilung herum, läßt dann dünnere Scheite folgen, und bringt in den Umkreis das kleinste oder Prügelholz unter steter Ausfüllung der Zwischenräume mit kurzem Holze. Auf die unterste Schichte folgt nun in derselben Weise die zweite, und je nach der Größe des Meilers auch noch eine dritte. Die oberste Schichte

Fig. 108.



oder die **Haube** wird durch horizontal aufgelegte dünne Scheite oder Prügel abgerundet, wie Fig. 108 in aa zeigt. Die dicksten Scheite kommen bei einem dreischichtigen Meiler in die mittlere Schichte, die Kernseite des Holzes stets nach der Mitte gerichtet. Der Meiler ist nun bis zur Bedeckung fertig.

Die Größe des Meilers ist, wie erwähnt, verschieden, die kleinsten bestehen aus einer, größere aus zwei und die größten aus drei Schichten. Es ist danach auch die Größe des Durchmessers des Meilers, welche die Zahl der hinter einander aufzustellenden Reihen der Scheite bedingt und ebenso die Länge der Scheite verschieden. Über die zweckmäßigste Größe

Die Größe des Meilers.



der Meiler sind die Ansichten getheilt. Früher errichtete man durchschnittlich sehr große Meiler. In neuerer Zeit gibt man mehr den kleineren den Vorzug.

Vorzüge  
der großen  
Meiler.

Im Allgemeinen haben große Meiler von 3000 bis 5000 Kubikfuß Holzmasse vor kleineren von 800 bis 1600 Kubikfuß folgende Vorzüge:

1) Man gewinnt durch große Meiler, wo sehr viel Holz verkohlt wird, an Zeit, während sie nicht bedeutend größere Sorgfalt und Wartung bedürfen, als kleine. Auch ist bei großen die Beaufsichtigung weniger getheilt.

2) Wo es an Material zur Decke fehlt, erfordern größere Meiler verhältnißmäßig weniger desselben als kleine.

3) Sie erleiden bei ihrer verhältnißmäßig kleineren Oberfläche weniger Wärmeverlust. Man erhält daher weniger Brände und braucht weniger Füllung.

4) Gestatten sie der Luft weniger Zutritt.

5) Erhält man dabei weniger kleine oder Quandelskohlen, als bei kleinen Meilern.

Vorzüge  
der kleinen  
Meiler.

Kleine Meiler gewähren dagegen folgende Vortheile.

1) Reicht weniger Boden zur Meilerstätte hin.

2) Sie eignen sich besonders für gebirgige Gegenden, wo große Meiler selten gut anzubringen sind.

3) Aus Stöcken lassen sich nicht leicht große Meiler errichten.

4) In großen Meilern läuft das Feuer zuweilen um den Meiler herum und läßt in der Mitte das Holz unverkohlt.

5) Große Meiler vermehren den Luftzug wegen mehr als zwei Schichten.

6) Bei kleinen Meilern ist eher auf beständige Bitterung auf die Dauer der Verkohlung zu rechnen.

7) Bei großen Meilern müssen die Kohlen zu lange im Feuer stehen und verlieren dadurch an Hitzkraft.

8) Ist nicht jeder Köhler geschickt genug, in einem sehr großen Meiler das Feuer in der erforderlichen Ordnung zu regiren, und der Schaden wird um so größer, wenn der Meiler verunglücken sollte.

9) Besonders nachtheilig sind große Meiler, wenn entweder ganz frisches, oder ganz trockenes Holz verkohlt werden soll, da bei kleinen Meilern das Feuer leichter zu regiren ist.

Nach Hundeshagen sind die Meiler von 1800 bis 2400 Kubikfuß Raum (einschließlich der gewöhnlichen Zwischenräume zwischen den Scheiten), für sehr dünnes und frisches Holz aber die von 1200 bis 1500 Kubikfuß Raum am zweckmäßigsten befunden worden. Hartig gibt nach seinen eigenen Erfahrungen im Allgemeinen den Meilern von 1200 bis 1800 Kubikfuß den Vorzug, bei ganz frischem und dürrer Holz dagegen denen von 800 bis 1000 Kubikfuß Holzmasse.

Richtung des  
Meilers beim  
Anzünden  
von Unten.

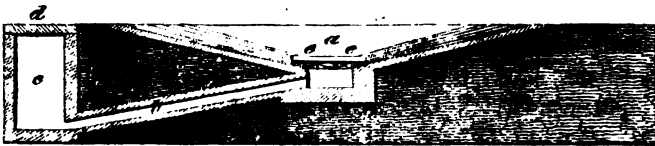
Soll der Meiler von Unten angezündet werden, was jedoch ein un- zweckmäßiges Verfahren ist, weil die Verkohlung des Meilers doch jeden-

falls von Oben nach Unten geschehen muß<sup>1)</sup>, so wird beim Richten des Weilers auf derjenigen Seite, auf welcher der schwächste Wind oder Luftzug zu erwarten ist, eine Zündröhre angebracht. Man legt nämlich vom Quandel an nach der gewählten Richtung ein 6 bis 8 Zoll dickes Stück Holz auf den Boden, setzt dann die Scheite wie gewöhnlich und zieht dieses Holz in dem Maße, als der Weiler größer wird, allmählig zwischen den Scheiten hervor. Es entsteht so eine hohle Röhre, die zum Anzünden der zwischen den Quandelfstangen befindlichen recht dünnen und klein gehauenen Brände, Reiser und Rinden dient und daher die Zündröhre heißt. Im Übrigen aber wird der Weiler ebenso, wie oben angegeben, gesetzt.

Um auch, wenigstens einen Theil der flüssigen Produkte der trockenen Destillation des Holzes in Weilern zu gewinnen, mauert man die Weilerstätte aus und gibt der Mauer ringsum eine geringe Neigung gegen die

*Theilweise Gewinnung der flüssigen Verkohlungsprodukte in Weilern.*

Fig. 109.



Mitte, wie Fig. 109 zeigt. *a* stellt die Stätte, *b* den Kanal, *c* den Behälter vor, wodurch sich ein Theil der gebildeten Holzsäure und des Theers ansammelt und durch einen unter der Weilerstätte nach Außen führenden, engen, gemauerten Kanal nach einem Behälter abfließt, woraus man dieselbe ausschöpft. Die Öffnung des Behälters wird während der Verkohlung mit der eisernen Platte *d*, die mit Erde beschüttet wird, luftdicht geschlossen, damit keine Luft zum Weiler gelangt. Eine viereckige eiserne Platte *e* liegt über der Einnündung des Kanals, damit derselbe nicht durch hineinfallende Kohlen verstopft werde.

Man hat auch bei den gewöhnlichen Weilern das Auffammeln der Holzsäure versucht, allein es geschieht nur auf Kosten der Kohlenausbeute. Nur während des Treibens wäre die Anbringung eines Rohres in der Haube ohne Störung möglich, welches die sauren Dämpfe in Fässer leitet. Man hat auch zerfallenen Kalk als Decke angewendet, um holzessigsauren Kalk zu erzeugen. Allein in vielen Gegenden belohnt der Gewinnst die Mühe und Kosten nicht.

Ist der Weiler geschlichtet, d. h. sind die größeren Zwischenräume von Außen mit dünneren Holzstücken ausgefüllt, so wird er, um die Verbrennung des Holzes zu verhindern, gedeckt. Der Köhler theilt die Bedeckung ab:

*Bedeckung des Weilers.*

1) Da nämlich in den Weilern die zur Verkohlung nöthige Hitze durch eine theilweise Verbrennung, wenigstens der entwickelten Gase hervorgebracht werden muß, so muß auch, wie bei allen Heizvorrichtungen, der nöthige Luftzutritt viel leichter stattfinden, wenn sich wenigstens Anfangs, wo die Temperatur noch sehr schwach ist, eine beträchtliche Luftsäule unter dem Feuerraume befindet, als wenn letzterer unmittelbar am Boden ist.

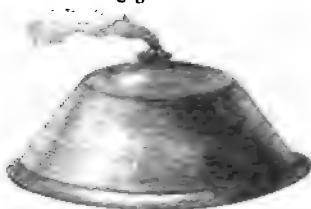
- 1) in das Raubdach und
- 2) in das Erdbach.

Das **Raubdach** wird von dünnen Rasen, Laub, Nadelholzreisern, Ginster, Moos oder Haide gemacht, das **Erdbach** aus klarer Dammerde, oder mit Kohlenstaub gemengter Erde, Gestrübe.

**Raubdach.** Zuerst wird der Meiler von Unten bis zur Quandelöffnung, am gewöhnlichsten mit dünnen Rasenplatten, dachziegelförmig bedeckt. Soll eines von den anderen Materialien verwendet werden, so bedeckt man den Meiler 3 bis 4 Zoll dick damit. Jedenfalls aber sucht man wenigstens die Haube oder den oberen Theil des Meilers mit dünnen Rasenplatten zu belegen, und zwar dichter als den unteren Theil des Meilers. Zurückgebliebene Lücken bewirft man noch mit feuchter Erde, die man mit dem Rücken der Schaufel festschlägt. Hierzu taugt natürlich ebensowenig gefrorene, als sandige Erde, da sie beim Aufthauen und Austrocknen herabfällt.

**Erdbach.** Ist das Raubdach fertig, so wird nun das **Erdbach** darauf gebracht. Man bewirft nämlich den ganzen Meiler mit lockerer Erde, Gemeng von Sand und fetter Erde, oder mit Dammerde. Feucht erhaltene Kohlenlösch- oder Gestrübe gibt die beste Decke. Man trägt dieselben 2 bis 3 Zoll dick

Fig. 110.

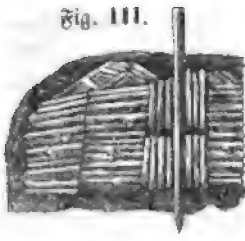


auf, je nachdem die Beschaffenheit des Raubdaches es erfordert und das zu verkohlende Holz mehr oder weniger Luftzug erheischt. Die Operation selbst heißt auch das **Schwarz- machen**. Zur Bedeckung der oberen Quandelöffnung wird eine große Rasenplatte aufgelegt. Der Meiler hat das Aussehen wie Fig. 110.

Hält die Erde am Fuße des Meilers für sich nicht, sondern rutscht herunter, so muß, dies zu verhindern, eine **Rüstung** gemacht werden, d. h. eine 6 Zoll von der Grundfläche entfernt ringsum laufende Umfassung von dünnen Ästen, welche horizontal auf aufrecht stehenden hölzernen Gabeln ruhen. Bei großen und steilen Meilern bringt man wohl auch noch eine zweite höher gelegene an. Die Rüstung hindert das Herabrollen des Erdbaches so lange, bis der Meiler beim Verkohlen allmählig sinkt und so viel Löschung erhält, daß die Rüstung nicht mehr nöthig ist<sup>1)</sup>.

Der liegende Meiler.

Fig. 111.



Ein liegender Meiler wird entweder so gerichtet, daß man die Scheite in concentrischen Kreisen um den Quandel in horizontaler Richtung lagert und so lagenweise über einander, was aber Scheite von verschiedener Länge voraussetzt, wodurch dann ein halbkugelter Meiler entsteht. Oder man stellt am Quandel erst einen Kern aus senkrechten Scheiten auf, um welchen herum die übrigen Scheite horizontal in

1) Über die Berechnung des kubischen Inhalts der Meiler vgl. Reinhold's Forstwirthschaft. 3. Theil. Leipzig 1834. S. 166.

concentrischen Kreisen gelegt werden, wie Fig. 111 zeigt. Holzenden, Ast- und Kohlenholz bilden die Haube.

Die liegenden Weiler sind außer Schlessien und Schweden wenig im Gebrauch. In letzterem Lande errichtet man sie häufig aus unaufgespaltenen Baumstücken von wenigstens 6—20 Fuß Länge. Sie haben sich in diesen Ländern als zweckmäßiger bei Verkohlungs der Nadelhölzer (da nur diese bei der angegebenen Länge immer ganz gerade sind) als die stehenden Weiler bewährt, welchen Vortheil man ihnen dagegen außer dem abspricht.

Das Holz liegt bei diesen Weilern fester, als bei den stehenden, die Zwischenräume sind regelmäßiger, das Feuer kann daher gleichförmiger durch den Weiler circuliren, indem es leichter von einem Stockwerke zum andern gelangt. Es lassen sich dabei ferner die hohlen Räume besser vermeiden und die treppenartigen Absätze an der Oberfläche dienen zur sicheren Auflage der Decke. Doch erfordert auch ihre Errichtung weit mehr Mühe, als die der stehenden Weiler, wenn man nicht noch größere Zwischenräume als bei diesen haben will. Um dem Weiler die konische Form zu geben, muß das Holz nach Oben immer mehr an Länge abnehmen, weil man sonst die Cylindrerform erhalten würde.

Das Anzünden des Weilers geschieht gewöhnlich des Morgens, um den ganzen Tag vor sich zu haben, weil es die größte Aufmerksamkeit erfordert, und bei größeren Weilern eine Zeit von 10—15 Stunden in Anspruch nimmt. Auch wählt man hierzu windstille Tage, weil sich sonst das Feuer leicht nach einer Seite zieht.

Das  
Anzünden des  
Weilers.

Um den Weiler von Oben anzuzünden, sticht man mit dem Schippen- oder Rechenstiele, oder mit einem besonderen, 1 Zoll dicken spitzen Holze einige Reihen Zug- oder Rauchlöcher in die Haube des Weilers, welche bis auf das Holz gehen müssen, und ordnet diese Löcher, die man Räume nennt, so, daß sie 1 Fuß von einander entfernt sind, und der oberste oder erste Kreis einen Fuß von der Quandelöffnung absteht. Man legt nun oben auf die Quandelwelle brennende Substanzen und Kohlen, so daß auf derselben ein kleines Flammfeuer entsteht. Ist dies gehörig in Brand und das Feuer etwa  $1\frac{1}{2}$  Fuß tief eingedrungen, so bedeckt man die Quandelöffnung, welche nun das Füllloch heißt, mit dem oben erwähnten großen Rasenstücke, worauf aus allen Löchern ein dicker grauer Rauch erscheint, und der Weiler ist nun angezündet.

Um den Weiler von Unten anzuzünden, müssen die am Quandel angebrachten leicht Feuer fangenden Stoffe mittelst einer Holzfaßel angezündet werden. Hier darf aber vor dem Anzünden nur die Haube des Weilers mit Gestrübe beworfen werden, weil sonst das Feuer am Quandel nicht brennen würde. Hat sich aber das Feuer in die Haube gezogen, so wird der Weiler nach und nach ganz mit Gestrübe bedeckt und von Oben nach Unten verkohlt.

Nach dem Anzünden bleibt der Weiler 4—6 Stunden lang verschlossen. Man nimmt dann den Deckrasen vom Füllloche, füllt den leer-

gebrannten Raum mit kleinen Holzstückchen aus und deckt den Rasen wieder darauf. Dieses Füllen wird, so lange sich der Meiler noch nicht beträchtlich gesenkt hat, alle 24 Stunden zweimal, nachher nur einmal und in der Folge gar nicht mehr wiederholt. Im Anfange nimmt man dazu die Späne, nachher kurzgehauenes Prügelholz und später etwas dickere Holzstück.

Man muß sich bemühen, ein scharfes und schnelles, den ganzen Meiler ergreifendes Auswärmfeuer zu geben, denn je länger die Wasserdämpfe durch zu schwaches Anwärmen im Meiler zurückbleiben, desto länger ist derselbe der Gefahr des Stoßens, Schlagens oder Berstens ausgesetzt. Man beugt demselben dadurch vor, daß man dem Raume unter der Rüstung nur die erste Decke gibt.

Die im Anfange entwickelten Dämpfe sind schwer und wässerig, gelblichgrau und wälzen sich nur langsam fort. Die Oberfläche des Meilers beschlägt mit Feuchtigkeit, weshalb man diese Periode des Verkohlungsprozesses das **Schwichen**, **Bähen** des Meilers nennt.

Von dem schnellen und vorsichtigen Abbähen des Meilers hängt das Gelingen der ganzen Verkohlung ab. Je unvollkommener dasselbe erfolgt, desto mehr wird Holz verbrannt, desto länger dauert die Gefahr des Berstens (Explodirens), wodurch die Decke abgeworfen und auch wohl der Meiler gesprengt wird. Durch das allgemeine Schwinden des Holzes, so wie durch das Verbrennen desselben am Quandel entsteht ein Zusammenfallen des Meilers, wodurch die Decke Risse bekommt. Der Köhler steigt daher auf den Meiler, wirft die Decke ab, stößt mit einer Stange das Holz zusammen, füllt den leeren Raum mit Bränden aus und trägt dann die Decke wieder auf.

Ist der Meiler angewärmt, so ist keine Explosion mehr zu befürchten, man trägt dann auch am Fuße desselben die Decke auf und stampft auch dieselbe allenthalben fest, das Umschaffen. So bleibt derselbe 3 bis 4 Tage stehen, während man dabei zu sorgen hat, daß das Feuer nicht stellenweise zu stark oder zu schwach wirkt und der Meiler nicht ungleich zusammenfällt, eine Folge von zu schwachem Holze, zu starkem Luftzutritt, zu schwacher Decke u. Man bewirft gleich Anfangs solche Stellen stärker, oder stößt auf der entgegengesetzten Seite Zuglöcher ein. Diese Periode, wo bei fast gänzlichem Luftabschluß das Holz verkohlt, heißt das **Treiben**. Je langsamer die Arbeit vollendet wird (das **Zubrennen**, die letzte Periode), desto reichlicher wird die Kohlenausbeute. Wird aber durch zu starken Zug das Gahrwerden befördert, so erhält man weniger und schlecht vom Feuer angegriffene Kohlen.

Während des Zubrennens erhält der Meiler Öffnungen am Fuße, Fußräume, 4 bis 6 Fuß von einander entfernt. Die Zahl und Größe derselben richtet sich nach dem Zustande des Meilers. Sie sollen den Dämpfen Abzug, der Luft schwachen Zutritt gestatten.

Nach 4 bis 8 Tagen bringt man auch in der halben Höhe des Meilers Öffnungen an, **Mittelräume**, durch welche man die vollständige Verkohlung der äußeren Holzreihen zu bewirken sucht. Bringt aus diesem

Öffnungen ein bläulicher dünner Dampf hervor, so werden sie geschlossen und  $1\frac{1}{4}$  bis  $1\frac{1}{2}$  Fuß tiefer eine neue Reihe concentrischer Öffnungen gestossen, auch wohl noch tiefer eine dritte. Nun tritt der Meiler in die Gahre, das Feuer bricht stellenweise am Fuße hervor. Geschieht dies im ganzen Umkreise, so ist die Arbeit gut gegangen. Bleibt das Feuer hier und da aus, so müssen Öffnungen eingestossen werden, während an den gahren Stellen dieselben geschlossen werden.

Als besondere Kennzeichen des Fortgangs der Verkohlung im Meiler werden von den Köhlern die Farbe und der Geruch des Meilerrauches angesehen. Derselbe ist, wie schon angegeben wurde, gleich nach dem Anzünden des Meilers dunkelgrau, wird allmählig heller, dann blau oder bräunlichblau, sobald das Holz in Kohle verwandelt ist. Wenn daher der Köhler bemerkt, daß die gestochenen Löcher nur wenigen und himmelblauen Rauch von harzigem Geruche geben und wenn die Kohlen beim Auftreten oder Aufschlagen mit dem sogenannten Wahrhammer knacken, oder sich senken, so erkennt er daraus, daß die Kohlen da, wo bisher das Feuer brannte, gahr sind. Er verstopft daher die obersten Löcher und sticht weiter unten einige neue Reihen.

Unter den Händen geschickter Köhler behält der Meiler beim Sinken eine vollkommen regelmäßige Figur, und wird endlich zu einem wirklichen Regal, der aber gewöhnlich nicht halb so hoch ist, als der Kohlenmeiler, woraus er entstand. Häufiger neigt sich der Meiler nach einer Seite und ist bauchig mit muldenförmigen Vertiefungen.

Nachdem das Gahren überall erfolgt ist, bleibt der Meiler 24 Stunden lang zugebedt, gegen allen Luftzutritt geschützt, das **Abkühlen**. Man könnte nun die glühenden Kohlen allmählig zum Selbstverlöschen bringen. Da das aber zu langsam gehen, auch zu vielen Abbrand verursachen würde, und die von selbst erstickten Kohlen nicht so gut sind, als die, in welchen das Feuer gelöscht wurde, so wird der Meiler nach 24 Stunden abgepußt und gelöscht. Die Decke wird abgenommen, der Sand allein wieder aufgeworfen, welcher durch die Spalten dringt und die Glut erstickt.

Das Abkühlen  
des Meilers.

So bleibt der Meiler 12 bis 24 Stunden stehen, dann schreitet man zum **Kohlenziehen**. Man macht am Fuße mit eisernen Hacken eine Öffnung, welche, wenn eine Partie Kohlen gezogen ist, mit Sand oder Löschheerde wieder geschlossen wird, darauf eine andere u. s. f. rings um den Meiler herum. Die gezogenen Kohlen werden entweder mit trockenem Sande, trockener Löschheerde, oder am besten durch Besprengen mit Wasser gelöscht. Dieses **Ausziehen** und Löschen der Kohlen sollte immer am Abend geschehen, damit man bei Nacht das allenfalls an den Kohlen noch befindliche Feuer leichter bemerken und löschen kann, wodurch man sicher ist, daß die Kohlen bis zur Ankunft der Fuhrleute am nächsten Morgen vollkommen todt sind.

Das Ausziehen  
der Kohlen.

So wird alle Abend eine Partie Kohlen vom Meiler weggenommen, bis er endlich ganz erschöpft ist und nur noch die **Quandelkohlen** übrig sind in der Mitte des Meilers. Diese sind kleiner und leichter, als die

sogenannten **Lefekohlen** und haben weniger Hitzkraft, weil sie am längsten im Feuer standen. Sie werden daher gewöhnlich auch wohlfeiler verkauft. Außer den Quandekohlen fallen aber auch beim Ausziehen der groben Kohlen kleine vor, welche **Rechkohlen** heißen, weil man sie mittelst des Rechens von den größeren trennt. Sie stehen rücksichtlich ihrer Güte zwischen den Lefekohlen und Quandekohlen in der Mitte. Sie sind besonders für Schmiede und Schlosser brauchbar, welche auch die Quandekohlen besser benutzen können, als Hütten- und Hammerwerke.

Dauer der  
Vertkohlung  
eines  
Meilers.

Die Zeit, welche ein Meiler vom ersten Anzünden bis zum Sahrwerden erfordert, ist theils nach der Größe, theils nach der Behandlung verschieden. Ein kleiner erfordert vielleicht nur 6 Tage, während ein großer wohl 4 Wochen bedarf. Nach Hartig brauchten die Köhler im Nassauischen, welche die meisten und besten Kohlen lieferten, zur Vertkohlung eines Meilers, welcher 16 Klafter oder 1600 Kubikfuß nicht allzu dürres Buchen- oder Eichen Scheitholz enthielt, bei günstiger Witterung 16 bis 18 Mal 24 Stunden; zur Vertkohlung eines ebenso großen Meilers von Birken- und Nadelholz 22- bis 24-, und zur Vertkohlung eines ebenso großen Meilers von Erlenholz 24- bis 26 Mal 24 Stunden. Dürres und sehr weiches Holz erfordern eine etwas kürzere Zeit zur Vertkohlung.

Italienische  
Vertkohlungs-  
methode.

Die italienische Vertkohlungsmethode, welche sich durch die Beschaffenheit und Größe ihrer Ausbeute besonders auszeichnet, weicht von dem eben beschriebenen Verfahren in mancher Beziehung ab.

Die Meilerskätte ist möglichst festgestampft und vollkommen eben. Statt des Anlaufes erhält sie ein Gebrück von Holz, wodurch der Zug bedeutend verstärkt wird. Man legt 4—5 Zoll starke und 6—7 Fuß lange Scheite (Leithölzer) vom Quandel aus strahlenförmig bis an den Umkreis der Meilerskätte. Über die 12—18 Zoll von einander abstehenden Leithölzer werden der Quere nach die Brückenhölzer gelegt und auf diese die 6—7 Fuß langen Scheite des Kahlholzes aufgestellt. Die Brückenhölzer bleiben bei der Vertkohlung gewöhnlich unverfehrt und können daher für mehrere Vertkohlungen benutzt werden.

Der Meiler hat drei Quandelstangen. Um dieselben wird das Kahlholz sehr sorgfältig (mit möglichst wenig Zwischenräumen) und so steil herumgestellt, daß die äußersten Holzreife des Meilers einen Neigungswinkel von 65—70 Grad erhalten. Der Meiler erhält zwei Schichten, hat also 12—14 und die Haube etwa 2 Fuß Höhe. Statt des Raubdaches wird der Meiler an der Oberfläche mit dünnen Hölzern, Abfall von Zimmerplätzen u. dgl. so dicht wie möglich ausgeschmält. Die Erdoede wird vorzüglich dicht gemacht. Man befreit daher die Löcher sorgfältig durch Ausharken von größeren Theilen und befeuchtet sie mit Wasser. Unten wird sie 2, oben  $\frac{3}{4}$ —1 Fuß dick aufgetragen und mit einem platten Scheite festgeschlagen. Die Rüstung besteht aus 8 Fuß langen und 1 Fuß breiten Bohlen, welche in einer Höhe von 6—7 Fuß angelegt werden.

Der Quandelschacht wird 3 Fuß von Oben herab mit kleinen Hölzern abgeschlossen und der über letzteren befindliche Raum mit geringen Kohlen

gefüllt. Die Kohlen werden angezündet und das Feuer so lange unterhalten, bis es mit ganz reiner Flamme brennt, dann wird es mit Kohlen überstürzt, so daß es fast verlöscht und ein dicker weißer Rauch aufsteigt. Hat sich das Feuer wieder durchgebrannt, so füllt man wieder mit Kohlen auf. Die unter den Kohlen befindlichen Holzspäne werden allmählig vom Feuer zerstört, und die glühenden Kohlen fallen dann auf den Boden des Schachts, worauf man denselben ganz mit Kohlen anfüllt und noch oben auf den Meiler einen Haufen Quandelkohlen 2 Fuß hoch und 4 Fuß im Durchmesser stürzt, den man den **König** nennt. Hiermit ist das Anzünden des Meilers, was etwa eine Stunde dauert, beendet und das Feuer hat am Boden und im Kopfe des Meilers zugleich angegriffen. Nach einer oder einigen Stunden brennt das Feuer oben durch den König heraus, der Schacht muß dann so oft mit Kohlen aufgefüllt werden, als diese zusammensinken. In den ersten 6 Tagen nach dem Anzünden füllt man täglich 6—8 Mal, später nur Morgens und Abends bis zur völligen Gahre des Meilers. Dieses beständige Nachfüllen hält man zur guten Verkohlung für wesentlich.

Ein solcher Meiler, der ungefähr 11000 Kubikfuß feste Holzmasse hat, wird bei trockenem Holze in 4—5, bei starkem, nassem Holze wohl erst in 6 Wochen ausgekohlt. Zum Anzünden braucht man 30 Kubikfuß Kohlen, zum Füllen 300 und darüber.

Beim Abkühlen zieht man das dünne, zum Theil verkohlte Holz an der Oberfläche heraus, damit die Löcher zwischen die Kohlen hineinfällt und das Feuer erstickt. Das Abkühlen dauert 4—5 Tage.

Die italienische Verkohlung liefert dichte und sehr gute Kohlen, und eine Ausbeute, welche 24 Procent des rohen Holzgewichtes erreicht.

Der allgemeinen Anwendung dieser Methode steht nur der starke Verbrauch von Löcher und Kohle im Weg, welche nicht überall leicht bezuschaffen sind, da man nur schlechte Kohlen zu diesem Zwecke anwenden kann, indem die Anwendung von guten hierzu nicht ökonomisch wäre<sup>1)</sup>.

Die Verkohlung in **Haufen** oder **liegenden Werken** unterscheidet sich von der in Meilern dadurch, daß bei derselben das Holz allmählig theilweise verkohlt wird, während man die verkohlte Partie sogleich zieht. Man rühmt von derselben, daß sie vorzüglich gute Kohlen liefert, weil diese kaum erzeugt, auch schon gezogen werden, also der Glühhitze nicht so lange ausgesetzt bleiben, als im Meiler. Man will auch eine größere Ausbeute erhalten haben.

Verkohlung  
in Haufen  
oder liegen-  
den Werken.

Man lagert 6 bis 8 Fuß lange ungespaltene Holzstämme übereinander und verkohlt unter einer Bedeckung von Kohlenlöcher oder einer anderen

1) Über die norddeutsche, italienische und slawische Meilerverkohlung vgl. Reinböck's Forstwirtschaft. 3. Theil. Leipzig 1834. S. 136—162; Beschreibung der italienischen Verkohlungs-methode, auf allerhöchstem Befehl herausgegeben Wien 1812; und G. Guzi, über die lombardische Verkohlungsweise des Holzes in den ökonom. Neuigkeiten u. Verhandlungen. 1847. S. 353—357.



Decke. Die Stätte ist horizontal, aber auch geneigt, so, daß der vordere niedrigere Theil des Holzes über dem tieferen Punkt errichtet wird. Man

Fig. 112.

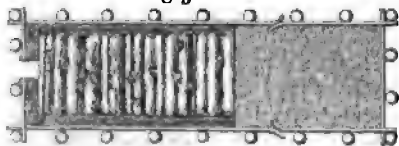
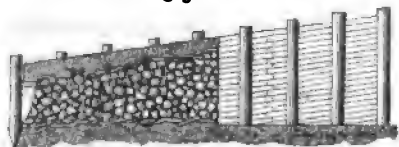


Fig. 113.



gibt dem Holze eine Länge von 24, eine Breite von 8 Fuß, indem man das Holz in die Quere legt. Ist die Größe des aufzustellenden Holzes abgesteckt, so schlägt man Pfähle in 2 bis 3 Fuß Entfernung von einander 1 bis  $1\frac{1}{2}$  Fuß tief ein. Die am Hintertheile, dem Segel oder Kopf, müssen 7 bis 9 Fuß über die Grundfläche hervorragen, am vorderen Theile aber immer mehr abfallen, so daß der letzte Pfahl nur

etwa 2 Fuß vorsteht. Fig. 112 zeigt einen Haufen von Oben und Fig. 113 von der Seite gesehen.

Diese Pfähle dienen dazu, die Decke des Holzes an den senkrechten Wänden zusammenzuhalten. Ebenso schlägt man auch einige Pfähle für die hintere Seite ein, wenn diese eine senkrechte Wand bilden soll. Wählt man aber eine Abschrägung, so ist es nicht nöthig.

Man legt auf die Erde lange gespaltene Stöbe, Äste als Krost, darauf das Holz, stärkere und schwächere Blöcke übereinander, doch werden die stärksten gegen das Segel hin gelagert und man füllt alle Zwischenräume mit Ast- oder Gipfelholz aus. Der vordere Theil des Haufens erhält die schwächsten Hölzer, und oben zur Bedeckung Äste und gespaltenes Holz. Zwischen den an der Seite eingeschlagenen Pfählen und den Holzenden muß ein Zwischenraum von 6 Zoll auf jeder Seite bleiben, welcher mit angefeuchteter Kohlenlösch e ausgestampft wird, nachdem zuvor dünne Bretter an die innere Seite der Pfähle angelegt worden, um die Decke zusammenzuhalten. Oben wird der Haufen wie ein Meiler bedeckt.

Um den Haufen anzuzünden, legt man glühende Kohlen am vorderen Ende unter die untersten Holzlagen, in die Mitte des sogenannten Feuerhaufes, eines 2 Fuß breiten und 3 Fuß langen, von Lösch e und dem Raubdache bis aufs Kohlenholz entblößten Rechteckes, wo man gleich Anfangs trockenes, dörres Holz u. dgl. angebracht hat. Dringt ein hellblauer Rauch durch die Decke, so wird das Loch sorgfältig geschlossen. Man stößt vorn 3 bis 4 Zoll weite Löcher in den Haufen, wodurch dieser Theil erwärmt und in Glut versetzt wird. Zeigt sich auch hier jener Rauch, so schließt man die Löcher und stößt weiter nach Vorne zu an den beiden Seitenwänden 6 bis 7 Fuß vom vorderen Ende 3 bis 4 neue 12 bis 15 Zoll von einander entfernte Löcher, bis die Verkohlungs bis nahe ans Segel vorge-rückt ist, wo dann 2 Reihen Löcher eingestoßen werden.

Ist man damit bis auf 8 Fuß vom Segel gekommen, so kann man am vorderen Ende, wo schon gahre erloschene Kohlen sich befinden, mit dem Ausziehen anfangen, und wenn das Segel noch in voller Verkohlungs-

begriffen ist, muß die vordere Hälfte der Kohlen schon ausgezogen sein. Man pflegt auch wohl das über 9 Zoll starke Holz zu spalten und dann mit schwächerem ungespaltenen Holze nach der Länge des Haufens einzulegen. Hierbei sind viel weniger Löcher nöthig, weil sich das Feuer nach der Länge des Holzes leichter fortpflanzt, als in die Quere. Die Länge der Hölzer ist hier beliebig und es ist nicht erforderlich, daß alle Stämme gleich lang seien.

Diese Art von Verkohlung ist weit mehr zum Auffangen der Nebenprodukte geeignet, als die Weilerverkohlung. Die Dämpfe strömen nach dem höher gelegenen Segel, welches zuletzt in Verkohlung tritt; hier kann man Röhren einbringen und in Fässer leiten. Zuerst erscheint Wasser, dann schwächere und endlich stärkere Holzsäure, zuletzt kommt Theer, welcher immer dicker und dunkler wird <sup>1)</sup>.

Die auf die eine oder die andere Weise erhaltene Kohle soll sich, wenn sie gut ist, durch folgende Eigenschaften auszeichnen: Sie hat eine stahlgraue, ins Blaue oder Gelbe schillernde Farbe, läßt sich nicht leicht zerbrechen, färbt dabei wenig ab und glänzt auf dem Bruche stark. Leichtzerbrechlichkeit und starkes Abfärben zeigen, daß sie zu lange im Feuer oder aus schlechtem, stockigem Holze gebrannt war. Gut ausgebrannte Kohle muß ferner beim Anschlagen hell klingen, darf keine zu weiten Risse haben, soll nicht zu schwer sein und im Feuer mit wenig, und zwar blauer Flamme ohne Rauch verbrennen, und dabei eine starke und anhaltende Hitze entwickeln. Schlechte Kohle ist tief schwarz, färbt stark ab, brennt schlecht, flammt dabei wie Holz und entwickelt wenig und kurzdauernde Hitze. Wenn auch ihre Dichtigkeit oder ihr specifisches Gewicht mit der wärmeerzeugenden Kraft in geradem Verhältnisse steht, so nimmt aber auch in demselben Verhältnisse ihre Entzündbarkeit ab.

Eigenschaften  
einer guten  
Kohle.

Hartig gibt für das specifische Gewicht der Kohlen aus verschiedenen Holzarten folgende Zahlen an:

Buchenscheitholz . .	0,435
Buchenprügelholz . .	0,461
Eichenscheitholz . . .	0,307
Eichenprügelholz . .	0,369
Kiefernscheitholz . . .	0,261
Kiefernprügelholz . .	0,246
Fichtenholz . . . . .	0,220
Birkenholz . . . . .	0,450

Bei diesen Gewichtsbestimmungen scheinen die Kohlen bereits einen bedeutenden Luft- und Wassergehalt aufgenommen gehabt zu haben, vermöge dessen sie beim Aufbewahren oft um 0,10 bis 0,18 schwerer werden, als unmittelbar nach dem Erkalten. Nach der Stärke der Erhitzung und überhaupt nach der Art und Weise der Verkohlung ist das specifische Gewicht, wie bereits angegeben, ebenfalls verschieden.

1) Die Berechnung des kubischen Inhalts eines Haufens s. in Reinbold's Forstwirtschaft. 3. Theil. Leipzig 1834. S. 176.

Brennwerth  
der  
verschiedenen  
Kohlenarten.

Die Brennkraft der meisten deutschen Holzarten im Vergleich mit  
der ihrer Kohle ergibt sich aus nachstehender Tabelle:

Namen der Holzarten	Roh nach Berzig's Versuchen	Verfehlr nach v. Berend's Versuchen
Buchen, Stammholz von 120 Jahren . . . . .	1600	1600
Stammholz von 80 Jahren . . . . .	1616	—
Altholz von einem 120jährigen Baume . . . . .	1431	—
Kiebelholz von 40 Jahren . . . . .	1593	1639
andrückiges Stammholz . . . . .	1258	—
geflößtes Stammholz . . . . .	—	1172
Kiebelholz von 40 Jahren, im Saft gehauen . . . . .	1224	—
Stammholz von 40 Jahren, grün gebrannt . . . . .	1226	—
Reiser von einem 120jährigen Baume, im Gewicht mit dem Buchen- Stammholz von 120 Jahren gleich . . . . .	1386	—
Krautendrüsen, Stammholz von 200 Jahren . . . . .	1555	—
Eichen, Stammholz von 90 Jahren . . . . .	1458	1459
Altholz von einem 190jährigen Baume . . . . .	1434	—
Kiebelholz von 40 Jahren . . . . .	1542	1484
andrückiges Stammholz . . . . .	1241	—
geflößtes Stammholz . . . . .	—	989
Feinbuchen, Stammholz von 90 Jahren . . . . .	1719	1694
Stammholz von 50 Jahren . . . . .	1644	—
Altholz von einem 90jährigen Baume . . . . .	1364	—
Kiebelholz von 30 Jahren . . . . .	1785	—
geflößtes Stammholz . . . . .	—	1239
Stammholz von 50 Jahren, im Saft gehauen . . . . .	1435	—
Stammholz von 50 Jahren, im Freien verbrannt . . . . .	1000	—
Eisberr, Stammholz von 90 Jahren . . . . .	1493	1292
Kiebelholz von 30 Jahren . . . . .	1533	1409
Eichen, Stammholz von 100 Jahren . . . . .	1611	1646
Kiebelholz von 30 Jahren . . . . .	1610	1733
geflößtes Stammholz . . . . .	—	1206
Ulmen, Stammholz von 100 Jahren . . . . .	1593	1407
Kiebelholz von 30 Jahren . . . . .	1513	1522
Thorn, Stammholz von 100 Jahren . . . . .	1824	1647
Kiebelholz von 40 Jahren . . . . .	1838	1720
geflößtes Stammholz . . . . .	—	1117
Eiben, Stammholz von 80 Jahren . . . . .	1090	1099
Kiebelholz von 30 Jahren . . . . .	996	—
Dicken, Stammholz von 60 Jahren . . . . .	1376	1461
Kiebelholz von 25 Jahren . . . . .	1155	1406
geflößtes Stammholz . . . . .	—	1062
Erlen, Stammholz von 70 Jahren . . . . .	920	886
Kiebelholz von 20 Jahren . . . . .	1046	—
Schwarzpappeln, Stammholz von 60 Jahren . . . . .	882	—
Kiebelholz von 20 Jahren . . . . .	791	—
Italienische Pappeln, Stammholz von 20 Jahren . . . . .	773	—
Kiebelholz von 10 Jahren . . . . .	698	—
Stammholz von 20 Jahren, im Freien verbrannt . . . . .	446	—
Weiß-Baumweiden, Stammholz von 50 Jahren . . . . .	839	935
Kiebelholz von 10 Jahren . . . . .	1025	—
Saalweiden, Stammholz von 60 Jahren . . . . .	1222	1173
Kiebelholz von 20 Jahren . . . . .	1312	—
Kiebelholz von 20 Jahren, im Saft gehauen . . . . .	1146	—
Aspen, Stammholz von 60 Jahren . . . . .	1008	988
Kiebelholz von 20 Jahren . . . . .	1146	1017
Kerlen, Stammholz von 34 Jahren . . . . .	1279	—
Kiebelholz von 8 Jahren . . . . .	1340	—
Rogelstrichen, Stammholz . . . . .	—	1246
Rapsholzer, Stangenholz . . . . .	—	1733
Eichen, Stammholz von 100 Jahren . . . . .	1295	—
Stammholz von 50 Jahren . . . . .	1134	—
Kiebelholz von 25 Jahren . . . . .	968	—
Kiefern, Stammholz von 125 Jahren, Kienig . . . . .	1595	1724
Stammholz von 100 Jahren . . . . .	1420	—
Stammholz von 50 Jahren . . . . .	1243	—
Aus der Spitze eines 100jährigen Baumes . . . . .	1220	—
Kiebelholz von 30 Jahren . . . . .	1065	—
Stodholz . . . . .	—	1899
geflößtes Stammholz . . . . .	—	1199
Reiser von einem 100jährigen Baume, im Gewicht mit dem 100jäh- rigen Stammholz gleich . . . . .	1200	—
Obstbäume, Stammholz von 100 Jahren . . . . .	1120	1127
Stammholz von 80 Jahren . . . . .	1050	—
Kiebelholz von 40 Jahren . . . . .	960	—
Stammholz von 60 Jahren, im Freien verbrannt . . . . .	573	—
Stodholz . . . . .	—	1202
geflößtes Stammholz . . . . .	—	894
Nistern, Stammholz von 100 Jahren . . . . .	1258	1176
Kiebelholz von 40 Jahren . . . . .	1063	—
Stammholz von 100 Jahren, im Freien verbrannt . . . . .	670	—

Winkler erhielt durch eine Berechnung nach dem specifischen Gewichte der verschiedenen Kohlenarten folgende Zahlen für die einzelnen Arten derselben nach dem Volum:

100	Volum	Eichenkohle	=	82,9	Volum	Buchentkohle
100	"	Eichenkohle	=	129,0	"	Eichenkohle
			=	106,9	"	Buchentkohle
100	"	Ahornkohle	=	105,8	"	Eichenkohle
			=	87,1	"	Buchentkohle
			=	82,0	"	Eichenkohle
100	"	Buchentkohle	=	120,6	"	Eichenkohle
			=	93,5	"	Eichenkohle
			=	114,0	"	Ahornkohle
100	"	Birkentkohle	=	130,9	"	Eichenkohle
			=	101,5	"	Eichenkohle
			=	123,7	"	Ahornkohle
			=	108,5	"	Buchentkohle
100	"	Ulmekohle	=	116,1	"	Eichenkohle
			=	90,0	"	Eichenkohle
			=	109,7	"	Ahornkohle
			=	96,2	"	Buchentkohle
100	"	Erlenkohle	=	86,4	"	Eichenkohle
			=	67,0	"	Eichenkohle
			=	80,5	"	Ahornkohle
			=	71,6	"	Buchentkohle
			=	66,0	"	Birkentkohle
			=	74,4	"	Ulmekohle
			=	126,4	"	Eichenkohle
100	"	Lindentkohle	=	68,4	"	Eichenkohle
			=	53,0	"	Eichenkohle
			=	64,6	"	Ahornkohle
			=	56,6	"	Buchentkohle
			=	52,2	"	Birkentkohle
			=	58,8	"	Ulmekohle
			=	79,1	"	Erlenkohle
Weiden- und Pappeltkohle ist der Lindentkohle ziemlich gleich.						
100	Volum	Tannentkohle	=	81	Volum	Buchentkohle
			=	82	"	Eichenkohle
			=	64	"	Eichenkohle
			=	80	"	Ahornkohle
100	"	Fichtentkohle	=	68	"	Buchentkohle
			=	63	"	Birkentkohle
			=	71	"	Ulmekohle
			=	95	"	Erlenkohle
			=	84	"	Tannentkohle
			=	120	"	Lindentkohle

Dem Gewichte nach ist der Brennwerth bei den verschiedenen Kohlenarten sehr wenig verschieden, da der Gehalt der Kohle an Kohlenwasserstoff zu klein ist, um hier einen Ausschlag geben zu können. Die Verschiedenheit der Aschenmenge, welche verschiedene Kohlen liefern, kann dabei ebensowenig in Berücksichtigung kommen, weil die Radicale der in der Asche enthaltenen Alkalien und Erden zc. im metallischen Zustande in der Kohle vorhanden sind, und bei der Verbrennung der Kohle ebensowohl Wärme entwickeln müssen, als der Kohlenstoff selbst.

Die Eichenkohle hat den Fehler, daß sie im Feuer gern in kleine Stücke springt und leicht verlöscht, wenn nicht ununterbrochen Luft zuströmt. Die Buchenkohle ist in Schmelzhütten beliebt, sie erzeugt eine starke und anhaltende Hitze. Auch die Birkenkohle gilt als vorzüglich. Die Erlenkohle ist immer bei den Hütten gesucht, wogegen die Lindenkohle als sehr schwach bekannt ist und mehr von Schießpulverfabriken verwendet wird. Weiden- und Pappelskohle scheint der Lindenkohle ziemlich gleich zu sein. Alle drei werden auch als Zeichenkohle verwendet, weil sie stark abfärben. Tannen- und Fichtenkohle werden so ziemlich in eine Kategorie geworfen, obgleich die Tannenkohle dem Volum nach bedeutend besser, als Fichtenkohle ist. Sie steht der Eichenkohle nahe, ohne deren Mängel zu besitzen und muß dem Hüttenmann sogar noch werthvoller sein, als diese. Die Kiefernkohle bildet hinsichtlich ihrer Stärke den Übergang von den weichen zu den harten Kohlen, und da sie die Vortheile beider in sich vereint, so ist sie überall anwendbar und gesucht. Die Lerchenkohle ist hart und schwer, und heizt stark. Ihr Brennwerth verhält sich zu dem der Fichtenkohle, wie 8 zu 5.

Kohlenaus-  
beute.

Über die Ausbeute des Holzes an Kohlen wurde bereits S. 622—624 das Nöthige angegeben. Karsten stellte vergleichende Versuche über die Resultate bei rascher und langsamer Verkohlung an, welche hier mit den Erfahrungen von Winkler und Stolpe zusammengestellt sind. Das Holz bei Karsten's Versuchen war lufttrocken, das von Stolpe bei 37° C., das von Winkler in einem warmen Zimmer getrocknet.

Holzarten.	Kohle in Gewichtsprocenten.			
	Bei rascher Verkohlung	bei langsamer Verkohlung		
		Karren	Stolpe	Winkler
Junges Eichenholz .....	16,54	25,60	26,1	22,8
Altes Eichenholz .....	15,91	25,71		
Junges Rothbuchenholz .....	14,87	25,87	24,6	17,8
Altes Rothbuchenholz .....	14,15	26,15		
Junges Weißbuchenholz .....	13,12	25,22	23,8	
Altes Weißbuchenholz .....	13,65	26,45		
Junges Erlenholz .....	14,45	25,65		
Altes Erlenholz .....	15,30	25,65		
Junges Birkenholz .....	13,05	25,05	24,4	17,6
Altes Birkenholz .....	12,20	24,70		
Birkenholz, das über 100 Jahre in einer Grube als Stempel gestanden und sich gut erhalten hatte .....	12,15	25,10		
Pappelholz .....	—	—	23,8	17,7
Junges Fichtenholz Pinus picea D. . .	14,25	25,25	23,4	20,6
Altes Fichtenholz .....	14,05	25,00		
Junges Tannenholz P. abies D. ....	16,22	27,72	21,5	20,1
Altes Tannenholz .....	15,35	24,75		
Junges Kiefernholz P. sylvestr. D. . .	15,52	26,07	23,7	
Altes Kiefernholz .....	13,75	25,95		
Lindenholz .....	13,30	24,60	22,8	16,2
Eichenholz .....	—	—	22,1	19,4
Weidenholz .....	—	—	22,2	15,0
Roggenstroh .....	17,0	27,95		
Trockenes Garrenkraut .....	14,65	26,45		
Rohrstengel .....				

Man pflegt indessen beim Verkohlen im Großen das Kohlenprodukt nicht nach dem Gewichte, sondern nach dem Volum zu beurtheilen. Sartig liefert hierüber folgende Angaben:

Name und Beschaffenheit des Holzes	Verkohltes Holz			Daraus liefern					
	ohne leeren Zwischenraum	mit leerem Zwischenraum	Gewicht des bürren Holzes	die geschälten Köhler			die mittelmäßigen Köhler		
				Kohlen ohne leeren Zwischenraum	Kohlen mit leerem Zwischenraum	Gewicht der Kohlen	Kohlen ohne leeren Zwischenraum	Kohlen mit leerem Zwischenraum	Gewicht der Kohlen
	Kubikfuß	Kubikfuß	Pfund	Kubikfuß	Kubikfuß	Pfund	Kubikfuß	Kubikfuß	Pfund
Buchenscheitholz v. 100 - bis 120jährigen Stämmen . .	100	114	3906	30	70%	840	27	63%	756
Buchensprügelholz aus 60- und 90jährigen Durchforstungsschlägen . .	100	180	4200	32	75%	960	28	66	840
Eichenscheitholz v. alten zum Verbaue untauglichen Stämmen . . .	100	180	4500	28	66	560	25	58%	500
Eichensprügelholz von 18- bis 20jährigen Stangen . .	100	200	4600	31	73	744	28	66	672
Kieferscheitholz v. 70- bis 80jährigen Stämmen . . .	100	144	3600	34	80	578	31	73	527
Kiefersprügelholz aus Durchforstungsschlägen . . .	100	180	3000	32	75%	512	29	68%	464

Von Berg gibt in seiner „Anweisung zum Verkohlen des Holzes“ folgende Resultate bei der norddeutschen Verkohlungsart an:

Buchenscheitholz

dem Gewichte nach 20,0 bis 22,0 Procent

dem Volum nach 50,0 — 54,5 „

Fichtenscheitholz

dem Gewichte nach 23,0 bis 25,8 Procent

• dem Volum nach 60,0 — 72,5 „

Fichtenstockholz

dem Gewichte nach 21,0 bis 25,0 Procent

dem Volum nach 50,0 — 63,3 „

Fichtenknüppelholz, bis 3 Schuh Durchmesser

dem Gewichte nach 20,0 — 22,0 Procent

dem Volum nach 41,7 — 50,0 „

Astholz nach dem gewöhnlichen Vorkommen im Durchschnitt

dem Gewichte nach 19,0 bis 22,0 Procent

dem Volum nach 38,0 — 48,0 „

Mit der italienischen Verkohlungsart auf der Hütte zu Hieslau, ohnweit Eisenerz in Steyermark vielfach angestellte Versuche ergaben von einem Meiler von 7840 Kubikfuß solider Holzmasse, grobes Scheitholz, 1280 Faß, oder 74509 Pfund Kohlen, also 100 Kubikfuß solide Holzmasse 950 Pfund Kohlen, oder, den Kubikfuß Holz (?) zu 40 Pfund gerechnet 24 Pfund dem Gewichte nach. Dem Volum nach lieferte ein Meiler von 48 Kubiklastern solider Holzmasse 7204 massiger Kohlen. Die ganze Ausbeute betrug also dem Volum nach bei  $\frac{2}{3}$  der angewendeten Holzmasse, oder auf 100 Kubikfuß Holz 69,4 Kubikfuß Kohlen.

Die slavische Verkohlungsart lieferte bei mehreren von Leinböck beobachteten Meilern aus gestöcktem, 2—3 Jahre am Aufschlage gestandenem, mitunter etwas angegangenem 6 Schuhigen, aber ungleich langem Buchenscheitholze von 16—20 Kubiklastern eingesetzter Holzmasse 2024,09 Kubikfuß, oder von 100 Kubikfuß Holzmasse 52,06 Procent Kohle. Im Durchschnitt betrug die Kohlenaussbeute 55,12 Volumprocente.

Verhältnis  
des Volums  
der Kohlen  
zum Gewicht.

Bürden die Kohlen beim Aufeinanderliegen keine Zwischenräume bilden, deren Größe sich nicht wohl ermitteln läßt, so könnte man das Gewicht irgend eines Maßes Kohle aus dem specifischen Gewichte berechnen und danach den Werth verschiedener Sorten mit Sicherheit vergleichen. Als das Mittel aus vielen Beobachtungen im Großen erwiesen sich folgende Angaben: 1 Kubikfuß Buchenkohle (aus Scheitholz) wiegt 8—9 Pfund, dieselbe (aus Prügelholz) 7 bis 7,5, Kohle aus Eichenscheitholz 7—8 Pfund, von Prügelholz 6 bis 6,5, von den weichen Hölzern 4,5 bis 5,5, Nadelholz 5,5 bis 7 Pfund. Zu berücksichtigen ist, daß die Kohlen gewöhnlich 5,7 bis 8, nach längerer Zeit 10—20% ihres Gewichtes an der Luft zunehmen.

Verkohlung  
des Holzes in  
Eisen.

Man verkohlt, wie bereits oben angegeben wurde, das Holz in Eisen, wenn man vorzugsweise die flüssigen Nebenprodukte gewinnen will, da sich

hierbei die erwartete Vergrößerung der Kohlenausbeute gegen die Verkohlung in Keilern nicht bestätigt hat.

Diese Öfen werden entweder von Außen geheizt, oder die zur Verkohlung nöthige Hitze wird, wie in den Keilern, durch Verbrennung eines Theils der Kohlen, mittelst Luftzutritt erzeugt.

### Theerschmelerei.

Wie bei der trockenen Destillation im Kleinen in Retorten, so geht auch im Großen bei der Verkohlung in von Außen geheizten Öfen, wo der Luftzutritt gänzlich abgehalten ist, von den Destillationsprodukten nichts verloren; die Größe solcher Öfen kann aber immer nur beschränkt sein, weil sonst die Hitze von Außen nicht gehörig durchwirken und das Holz im Innern verkohlen würde, da bei dieser Art der Verkohlung die Erzeugung von Theer den Hauptzweck bildet, so heißt sie die Theerbrennerei oder das Theerschmelzen.

Öfen erfordern Öfen mit massiven Wänden aus Sieselsteinen am meisten Brennmaterial. Von dieser Art sind die Pech- und Theeröfen, worin harzreiches Holz verkohlt wird, um Pech, Öl und Theer zu gewinnen. Ein solcher Ofen hat die Gestalt eines in einen Kegel ausgehenden Cylinders *a* Fig. 114 (dem Durchschnitte nach der Linie *op* in Fig. 115), ist mit einem Mantel *bb* versehen, der oben anschließt, so daß der innere

in gemauerten Öfen.

Ofen gleichsam in dem äußeren steht. An der Sohle des Ofens befindet sich eine nach der Mitte zu abschüssig gemauerte Grube *c*, von deren tiefstem Punkt ein enger gemauerter Kanal *d* (Fig. 114 u. 115) nach einer außerhalb befindlichen Grube *e* (Fig. 114 u. 115) führt, worin die Fässer zur Aufnahme der flüssigen Produkte aufgestellt werden. Damit keine atmosphärische Luft durch den Kanal in den Ofen gelange, wird derselbe durch eine in ihm befestigte Röhre bis in die Fässer verlängert. Das Einsetzen des Holzes geschieht durch eine Öffnung in der Wand des Ofens *f* (Fig. 114 u. 115), aus welcher die Kohlen später gezogen werden, aber auch vermittelst einer Öffnung in der Kappe *g* (Fig. 114), um den Ofen gehörig füllen zu können.

Fig. 114.

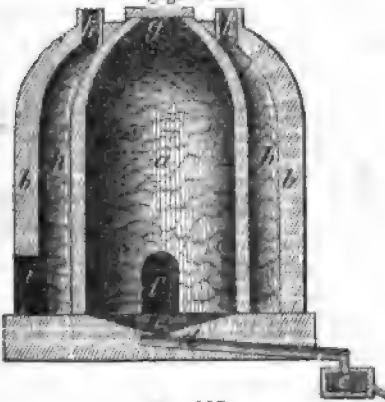
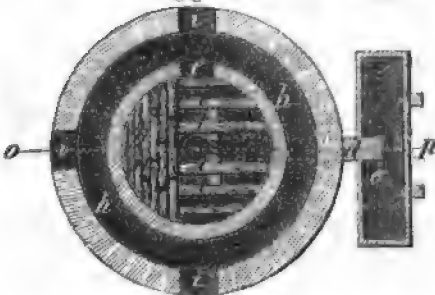


Fig. 115.





Beide Öffnungen (**Sehlöcher**) werden nachher vermauert. Die Feuerung findet im Zwischenraume *kk* (Fig. 114 u. 115) zwischen dem Ofen und dem Mantel statt, zu welchem Ende **Schürflöcher** *iii* (Fig. 114 u. 115) in diesem ausgespart und mehrere Rauchlöcher *kk* (Fig. 114), angebracht sind.

Weil zunächst am Boden das Holz nicht völlig austrohlen würde, und um den Abfluß des Theers zu erleichtern und dessen Entzündung durch die glühenden Kohlen zu verhüten, legt man gewöhnlich auf den Boden einen **Rost (Gebrück)**. Man legt 2—3 Zoll dicke Stangen *llll* (Fig. 115) in Entfernungen von 2 Fuß parallel neben einander. Unter diese legt man an der tiefsten Stelle des Bodens Unterlagehölzer *m* (Fig. 115), damit sie sich nicht biegen können. Auf diesen Rost werden die mehrere Fuß langen und etwa 1 Zoll dick ausgespaltenen Holzstücke *nn* (Fig. 115) quer über die Rosthölzer dicht aneinander gelegt und so fortgefahren, bis der Ofen voll ist, dann die **Sehlöcher** zugemauert.

Beim Anheizen des Theerofens fließt zuerst ein saures Wasser, gemengt mit ausgebratenem Harze, **Theergalle** aus, wovon sich allmählig ein wenig gefärbtes, flüssiges, mit ätherischem Öl verbundenes Harz abscheidet und obenauf schwimmt, **weißer Theer**. Nach und nach bei zunehmender Hitze wird der Theer braun und dicker, doch kann man davon auch noch etwas aufschwimmenden gelben Theer abschöpfen, bis endlich die Masse fast schwarz wird. Man gewinnt etwa 10 bis 12% vom Gewichte des Holzes an Theer. Das im Ofen nach dem Aufhören des Theerabflusses gebliebene Holz ist nicht völlig verkohlt, **Kienbrände**. Man benutzt dasselbe zur Kienrußbrennerei (vgl. unten). Durch Destillation des weißen und gelben Theers erhält man das **Kienöl**, ein übertriehendes Terpentinöl, welches beigemengtes Brandöl enthält. In der Blase bleibt das Harz zurück, welches man **weißes Pech** nennt.

Alles Nadelholz gibt Theer, nicht jede Nadelholzart oder jedes Stück Nadelholz ist aber so reichhaltig an Theer, daß es der Mühe lohnt, denselben zu gewinnen. Vorzüglich hierzu geeignet ist das Kiefernholz überhaupt. Den meisten Theer geben aber die Wurzeln und Stöcke der vor mehreren Jahren abgehauenen alten Kiefern und diejenigen Kiefernstämme, worin durch irgend einen Umstand sich so viel Harztheile angehäuft haben, daß sie sich durch die gelbbraunliche Farbe, durch den auffallend starken Geruch und durch ungewöhnliche Schwere des Holzes zu erkennen geben.

Theer.

Der Theer ist eine zähe, braune, dickflüssige Substanz von starkem, durchdringendem, nicht gerade unangenehmem Geruche. Er besteht aus mehreren mit Essigsäure verbundenen Brandharzen und Fichtenharz, welche in Terpentinöl und Brandölen aufgelöst eine dickflüssige Consistenz besitzen, nebst Paraffin, Cupion, Kreosot u.

In Schweden, wo viel Theer gewonnen wird, und zwar durch Grubenschmelerei (s. S. 655), wird aus Theer durch Destillation mit Wasser das **Pechöl** gewonnen, ein Gemisch von Terpentinöl, Brandöl und Brandharz

von brauner Farbe, starkem, unangenehmen Geruche, welches durch Rectification mit Wasser farblos wird. Der Rückstand bei der Destillation des rohen Pechöls ist das schwarze oder Schiffspech, welches gewöhnlich durch Abdampfen des Theers in eisernen Kesseln, bis er so dick geworden, daß er beim Erkalten erstarrt, gewonnen wird. Es besteht aus Brand- und Fichtenharz, ersteres in vorwaltender Menge, ist bei 33° C. weich und kneubar, schmilzt in kochendem Wasser, löst sich in Alkohol, in ägenden und kohlensauren Alkalien auf.

Der Theer dient zur Bereitung der Wagenschmiere, vorzüglich zum Anstreichen des Holzes, um es gegen den Einfluß der Luft und Feuchtigkeit zu schützen, namentlich zum Theeren des Schiffholzes, der Laue, auch von Mauern bei Feuchtigkeit und Salpeterfraß. Das schwarze Pech dient als Zusatz zum Theer beim Kalfatern (Verstopfen lesgewordener Stellen an Schiffen mit Berg und Theer) und zu Harzkitten, das Pechöl und der dünne Theer zur Gasbeleuchtung.

Der bei der trockenen Destillation von nicht harzreichem Holze erhaltene Theer enthält mehr Essigsäure, als der geschwelte Kientheer, weniger Harz und kann zum Theeren des Holzes gleichfalls verwendet werden.

Weit mehr eignen sich zur Verkohlung und zum Auffangen der Nebenprodukte eiserne aus großen Platten zusammengesetzte, oder aus Eisenblech zusammengeietete Kästen, erstere in der Feuerung unbeweglich, letztere beweglich, ebenso gußeiserne Cylinder.

Thererschmelerei in eisernen Kästen.

Das Princip ist bei allen diesen Einrichtungen dasselbe. Man bringt den eisernen Verkohlungskasten, die Retorte über eine Kofffeuerung, leitet die Feuerzüge um denselben in die Höhe, so daß er an allen Punkten erhitzt wird. Man füllt den Kasten von Oben mit gespaltenem Holze, welches so lang ist, als der Kasten breit, dicht gepackt wird und schließt ihn mit einem Deckel, der mit Lehm verschmiert wird. Ist der Eisenkasten beweglich, wie bei den nach französischer Art eingerichteten Apparaten, so wird er, sobald er sich nach beendigter Verkohlung abgekühlt hat, mittels Ketten, die in 3 Haken im Obertheile des Kastens eingehängt werden, und eines um senkrechte Zapfen drehbaren Krahnes herausgezogen, ein anderer, zuvor schon mit Holz gefüllter Kasten in die noch heiße Feuerstätte hineingesetzt, um die Wärme nicht zu verlieren.

Diese Kästen haben dicht unter dem Deckel ein angefügtes eisernes Rohr zum Abzug der Gase und Dämpfe. Dasselbe ruht in einem Einschnitte der Umfassungswand des Ofens, welcher jedesmal durch ein Paar Steine und Lehm gehörig verschlossen wird. Es wird mit der Kühlvorrichtung, worin die Dämpfe der Holzsäure, des brenzlichen Öls und Theers condensirt werden, durch eine Vorstoßröhre verbunden. Fig. 116 zeigt einen solchen Ofen in einem durch die Mitte des nach dem Schornstein führenden Fuchses gelegten horizontalen Durchschnitte; Fig. 117 einen senkrechten Durchschnitt nach der punktirten Linie xx in Fig. 116. Der Kasten a ist aus gußeisernen Platten zusammengesetzt und faßt 100 Kubituß. Das Holz wird in den Kasten durch die Öffnung b in der Breite

ingelegt, zu welchem Ende alle Scheite gespalten sind, um recht dicht eingelegt werden zu können. Der Kasten wird vom Rost *c* aus geheizt, auf

Fig. 116.

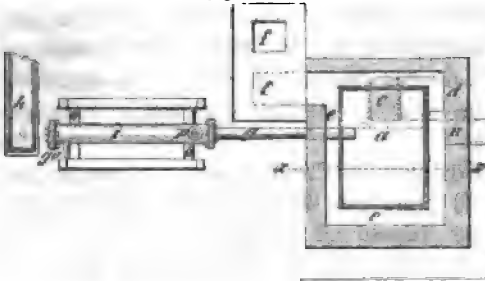
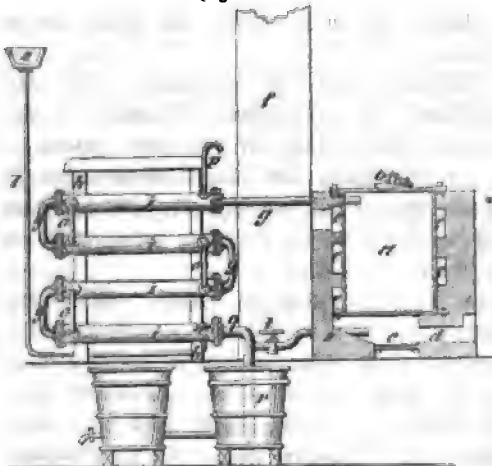


Fig. 117.



welchen das Brennmaterial durch den Feuerungskanal *d* gebracht wird. Das Feuer steigt um den Kasten schraubenförmig in den im Zwischenraum *eee* angebrachten Zügen, die in den Schornstein *f* endigen. Die Dämpfe und Gasarten führt ein eisernes Rohr *g* aus dem eisernen Verkohlungsapparat nach dem Condensator, welcher aus mehreren im Zickzack mit einander verbundenen kupfernen Röhren besteht, welche in einem hölzernen Gestelle *h h* ruhen. Die Röhren sind mit cylindrischen Mänteln *i i* umgeben, welche mit Wasser angefüllt sind; letzteres fließt aus einem Trog *k* durch ein Leitungsröhr *l* nieder, tritt in den untersten Mantel

bei *m* ein, fließt durch sämtliche, die Condensationröhren umgebenden weiteren Cylinder, indem es aus jedem unteren durch die Verbindungsröhren *ooo* in den darüber liegenden höheren geleitet wird; bei *p* fließt es heiß geworden ab.

Die Gase und Dämpfe strömen dem Wasserstrom entgegengesetzt nieder, letztere werden tropfbar und bei *q* durch ein Abflußrohr in eine Reihe mit einander durch Röhren verbundener Fässer *r* oder Bohlenkästen geleitet, während die Gase durch das Rohr *s*, welches mit einem Hahn *t* versehen ist, in die Feuerung abziehen.

Sobald die Destillation in vollem Gange ist, wird der Hahn im Gasrohr geöffnet, nach Beendigung derselben, nachdem etwa 8 Stunden eingeschürt und dann 6 bis 8 Stunden lang das Gasfeuer unterhalten wurde, geschlossen. Um zu verhüten, daß atmosphärische Luft zu den brennbaren Gasen trete, wodurch Explosionen im Innern des Apparats entstehen würden, muß das Ende der die niedergeschlagenen Flüssigkeiten (Holzsäure, Brandöl und Theer) zuführenden Röhre immer mehrere Zoll tief in die Flüssigkeit der ersten Vorlage eintauchen, und die beiden ersten Fässer

dürfen nicht so mit einander in Verbindung stehen, daß die in ihnen enthaltene Luft gegenseitig communicirt, sondern sie sind durch ein Rohr im unteren Drittheil ihrer Höhe mit einander verbunden, welches stets unter dem Flüssigkeitspiegel bleiben muß.

Man leitet sodann die gewonnene Flüssigkeit in Cisternen, welche in die Erde versenkt sind. In der ersten lagert sich der Theer zum größeren Theile ab, in der zweiten, dritten immer weniger, bis endlich in der vierten Cisterne die Säure schon von Theer ziemlich gereinigt sich ansammelt. Aus dieser letzteren wird dann die Holzsäure, ebenso der Theer aus den ersten Fässern durch Heber oder Pumpen in große Vorrathsbehälter geleitet und zum Gebrauche aufbewahrt.

Sobald die Vorstosfröhre anfängt, kalt zu werden, und die Flamme des verbrennenden Gases, welche Anfangs gelblichroth, dann blau war, weiß geworden ist, wird zu feuern aufgehört, sodann die Verbindung des Kastens mit dem Kühlrohr aufgehoben, die Mündung des Rohres verschlossen, der Kasten mittelst des Kraines aus der Feuerung gehoben, während ein anderer, dessen Eisenwände, um sie einigermaßen gegen die Wirkung des Feuers zu schützen, mit Lehmwasser bestrichen worden sind, eingesetzt wird. Es müssen daher für jede Feuerung mehrere eiserne Kästen vorhanden sein, womit man wechseln kann, denn die Kohlen können nur nach völliger Abkühlung, welche erst nach 6 Stunden eintritt (durch eine Öffnung im Kasten an der Rückseite, welcher eine Öffnung im Mauerwerk entspricht), ausgezogen werden. Alle 8 Stunden ist eine Destillation von  $\frac{1}{2}$  Decastere Holz, nahe  $1\frac{1}{2}$  Klafter, oder  $\frac{1}{2}$  Haufen vollendet, so daß in 24 Stunden fast 3 Destillationen stattfinden können, also in einem Ofen 1 Haufen Holz verkohlt werden kann.

Eine wesentliche Verbesserung in der Kohlenherzeugung in eisernen Kästen soll durch das Verfahren von Ballauri (Civilingenieur in Paris) erzielt werden<sup>1)</sup>. Der von ihm erfundene Apparat, bestehend in einem luftdicht verschlossenen Kasten aus Eisenblech, kann auseinandergenommen und leicht von einem Orte zum anderen, wenn diese auch nicht für Wagen zugänglich sind, transportirt werden.

Die Heizung geschieht auf 2 bis 5 Herden durch kleines Reißholz und anderes Brennmaterial, welches sich zur Verkohlung nicht eignet. Von den Feuerräumen gehen Heizkanäle aus und münden oberhalb des Apparates aus. Sie dienen dazu, um eine möglichst gleichmäßige Hitze hervorzubringen. Die entwickelten Gase werden in die Feuerräume zurückgeleitet und zur Heizung verwendet oder auf Holzessig benutzt. Nach Beendigung der Verkohlung, welche gewöhnlich am dritten Tage erfolgt, wird mittelst eines Rohres Wasserdampf eingeleitet. Dadurch wird das Gewicht der

1) Gemeinnütziges Wochenblatt des Gewerbevereins in Köln. 1846. S. 63 aus der deutschen Gewerbezeitung. 1846. S. 131. Letzteres Blatt führt keine Quelle an, woher sie den Aufsatz entlehnte. Es bleibt sonach unentschieden, ob das Verfahren irgendwo genauer mitgetheilt ist oder nicht.

Kohlen um 7—8% erhöht, eine Gewichtzunahme, die sonst erst erfolgt, wenn die Kohlen 5—6 Monate auf dem Lager gelegen haben. Vallauri erhielt bei seinen Versuchen im Mittel 28 Gewicht-, oder 70—75 Volumprocente Kohlen.

Sollen kleinere Mengen Holz verkohlt werden, so läßt sich der Apparat bedeutend vereinfachen. Er besteht dann aus den Öfen mit den Kanälen und einer Kappe von Eisenblech. Das Holz wird ganz so, wie bei der gewöhnlichen Verkohlung geschichtet und mit Rasen und Erde bedeckt.

Man kann mit dieser Vorrichtung auch Holz dörren und Torf verkohlen. Während letzterer bei der gewöhnlichen Verkohlung wegen seines schwierigen Verlösches nur wenig ausgibt, verlöscht er bei diesem Verfahren, sobald der Luftzutritt abgeschnitten ist.

*Ausbeute.*

Man rechnet von 80 Centnern Holz 20 $\frac{1}{2}$  Centner Kohlen, 46 $\frac{3}{4}$  Centner, oder 1920 Quart (71 $\frac{1}{2}$  Kubikfuß) Holzsäure von 1,027 spezifischem Gewichte und 6 $\frac{1}{2}$  Centner Theer. Die eisernen Kästen werden sehr bald zerstört, verbrennen, so daß die Instandhaltung derselben mit vielen Kosten verbunden ist. Das zum Anfeuern derselben nöthige Brennmaterial ist auch nicht gering, obgleich nur zu Anfang der Destillation der Öfen angefeuert, später aber durch die erlangte Hitze und die unter der Feuerung angezündeten Gase die Zerlegung fortgesetzt wird.

Stolze hat die Menge der aus verschiedenen Holzarten bei gleichem Gewichte und Trockenheit darstellbaren Holzsäure und des brennlichen Dis durch Versuche ermittelt und gefunden, daß sie von 1 Pfund zwischen 11 $\frac{1}{2}$  und 15 Loth schwankt.

Die mit der Holzfaser verbundenen anderweitigen Pflanzenstoffe sind es, welche diese Verschiedenheit in der erzeugten Menge der Holzsäure bedingen, wie Harz, Gummi, Extraktivstoff u., nicht die Verschiedenheit der Holzfaser selbst. Denn reinigt man vorher das Holz durch Extraktion mit kochendem Wasser, Weingeist u. von allen ausziehbaren Stoffen, so gewinnt man aus einem Pfunde gereinigten Holzes ohne Unterschied 15 Loth Holzsäure. Harz gibt an sich wenig brennliche Essigsäure, harzige Hölzer liefern deshalb wenig Essigsäure.

Obgleich das gereinigte Holz ohne Unterschied gleich viel Holzsäure liefert, so schwankt doch die Stärke der Säure zwischen 22 und 55. Die stärkste Holzsäure liefern die Laubholzarten, welche bei langsamem Wachsthum eine feste Holzfaser bilden, auf trockenem Boden wachsen; hierauf folgen die auf trockenem Boden schnell wachsenden, dann die einen feuchten Boden liebenden Laubhölzer, Sträucher und endlich das Nadelholz. Das beste Nadelholz steht jedem Laubholze nach. Das gesunde Stammholz gibt eine stärkere Säure, als die jüngern Zweige, dagegen geben beide im geringsten Zustande gleiche Quantitäten Holzessig.

Nach Stolze liefert 1 Pfund Holz bei 37° C. getrocknet, bei der trockenen Destillation nachstehende Quantitäten der Zerlegungsprodukte:

Namen der Hölzer.	Gewicht der Holzsäure		1 Roth Holz- säure sättigt reines kohlen- saurer Kali	Gewicht des brenzlichen Öls		Gewicht der Kohle	
	Roth	Quent	Gran	Roth	Quent	Roth	Quent
Weißer Birke .....	14	1 1/2	55	2	3	7	3 1/4
Rothbuche .....	14	1/3	54	3	1/4	7	3 1/2
Spindelbaum .....	14	2	50	3	1 1/2	7	—
Großblättrige Linde .....	13	3	52	3	3 1/2	7	1 1/2
Steineiche .....	13	3	50	2	3 1/2	8	1 1/2
Weißbuche .....	13	2 1/2	50	3	2 1/4	7	2 1/2
Gemeine Esche .....	15	—	44	2	3 1/4	7	1/2
Korkastanie .....	14	3 1/2	41	3	1	7	—
Italienische Pappel .....	14	2 1/2	40	2	3	7	2 1/2
Silberpappel .....	14	3	39	2	2 1/2	7	2
Weißer Weide .....	14	2 1/4	37	3	1	7	1/2
Pfahlwurzel vom Sassafras- lorbeer .....	13	2	39	3	2	8	2
Ahlhirsche .....	14	—	37	3	1 1/4	6	3 1/2
Korbweide .....	14	3	35	3	1 1/4	7	1 1/2
Cornelbaum .....	14	1	36	3	3 1/2	7	1
Kreuzdorn .....	15	—	34	2	3 1/2	7	1/2
Blauholz .....	14	1 1/4	35	2	3 1/4	7	3 1/4
Erl .....	14	2 1/4	30	3	1 1/2	7	1 1/2
Wachholder .....	14	2	29	3	1 1/2	7	1
Weißtanne .....	13	1	29	4	1 1/2	6	3 1/2
Gemeine Kiefer .....	13	2 1/4	28	3	3 1/4	6	3 1/4
Sadebaum .....	14	—	27	3	2 1/2	7	1 1/2
Rothtanne .....	12	3 1/2	25	4	1 1/4	7	2
Frangeseholz .....	11	3	22	5	1 1/4	8	1 1/2

Der Holzessig dient vermöge seines Gehaltes an Kreosot nicht bloß <sup>Holzessig.</sup> in der Medicin als säulnismidriges Mittel, sondern wird auch gegen Holzschwamm angewendet. Er schützt Fleisch, welches damit bestrichen und getrocknet wird, vor Fäulniß, es trocknet aber leicht so ein, daß es nicht genossen werden kann. Der abgelagerte Holzessig dient zur Bereitung von holzessigsauren Salzen, holzessigsaurem Natron, Kalk, Blei- und Eisenoxyd; besser ist es aber meistens, ihn zuvor zu rectificiren.

Die Destillation des Holzessigs, nachdem er sich durch Ablagern geklärt hat, geschieht in kupfernen Blasen mit kupfernen Kühltanglen. Bei vorsichtiger Feuerung gehen 1/2 wasserklar über, bei verstärktem Feuer folgt dann noch 1/10 gelb gefärbte Säure. Der Rückstand ist Brandharz und Brandextrakt. Bei stärkerem Feuer ist das Destillat von Anfang an gelblich und trüb. Destillirt man die rohe Säure dagegen bis zur völligen Trockne, so geht keine Säure verloren. Das Destillat beträgt zwar an Gewicht weniger, als zuvor, allein die Säure ist stärker. Was zuerst übergeht, ist sehr wässerig und enthält, außer dem brenzlichen Öle und etwas Essigsäure, brenzlichen Holzgeist. Das Letztere enthält davon nichts mehr, aber desto mehr Essigsäure, die letzten Portionen am meisten.

Die Holzsäure kann auch durch öfter wiederholte Destillation vom brenzlichen Öle nicht vollständig befreit werden. Fünffmal destillirter Holzessig ist im Geschmack und übrigen Verhalten von einmal destillirtem kaum zu unterscheiden. Ein Zusatz von 1/20 Kohle macht, daß der Holzessig auch

bei stärkerem Feuer wasserhell übergeht. Er wird aber am Licht und an der Luft sehr bald wieder gelb und endlich braun, vermöge der Veränderung des brenzlichen Oles, welches er enthält. Derselbe dient zur Bereitung von Beizen und Farben in der Rattendruckeri, Färberei, zur Darstellung reiner Essigsäure und essigsaurer Salze und des Holzgeistes (s. S. 377).

Um den Holzessig in reine Essigsäure zu verwandeln, d. h. um ihn vollständig von seinem brenzlichen Ole zu befreien, verfährt man auf folgende Weise: Man sättigt denselben mit Kalk oder Kreide. Aus der Auflösung der so entstehenden essigsauren Kalkerde sondert sich das im Holzessig enthaltene Brandöl größtentheils aus. Man dampft die Auflösung ab bis zu 1,116 spec. Gewicht und zersetzt sie durch schwefelsaures Natron; schwefelsaure Kalkerde scheidet sich aus, die Auflösung des essigsauren Natrons wird bis zu 1,23 oder 1,24 abgedampft, zur Krystallisation hingestellt, die Mutterlauge dann noch so oft abgedampft, als man neue Krystalle erhält. Die Krystalle des essigsauren Natrons werden dann in einem eisernen Kessel sehr vorsichtig so stark erhitzt, daß das Brandöl vollständig zersetzt wird, was auch ohne Zersetzung des Salzes selbst gelingt, da es eine Erhitzung bis gegen  $+ 300^{\circ}$  C. ohne Nachtheil erträgt. Man löst dann in Wasser auf, filtrirt und dampft ab, wodurch man vollkommen reine Krystalle von essigsaurem Natron erhält. Zersetzt man dieselben durch gerade so viel Schwefelsäure, als hierzu nöthig ist, so fällt schwefelsaures Natron in kleinen Krystallen nieder. Die Flüssigkeit ist Essigsäure, welche noch etwas schwefelsaures Natron gelöst enthält. Durch Destillation erhält man sie rein; nur die zuletzt übergehende Säure ist gefärbt und etwas empyreumatisch.

Man hat diese Methode, reine Essigsäure bei der Holzverkohlung zu erhalten, in vielen Gegenden mit großen Kosten ausgeführt, fast alle erhalten aber wieder aufgeben müssen, theils weil die Reinigungsarten viele Kosten durch den Aufwand an Schwefelsäure, durch die Bettläufigkeit und Schwierigkeit der Operationen und durch den Arbeitslohn verursacht haben, auch die Reinigungsarten auf keine Weise sich vereinfachen und verbessern ließen, theils weil man jetzt die frühere Methode, aus geistigen Flüssigkeiten Essig zu gewinnen, so vervollkommenet und vereinfacht hat, daß man durch die sogenannte Schnelleffigfabrikation ein viel wohlfeileres Produkt erzielt.

Drew und Stocker in St. Austell ließen sich eine Fabrikationsmethode von Holzgeist, Holzessig, Ammoniak, Theer, Kohle und brennbaren Gasen (welche sie auf die gewöhnliche Weise von einander trennen) aus Braunkohle, Sumpferde u. dgl. patentiren. Sie unterwerfen diese Stoffe einer trockenen Destillation in eisernen oder thönernen Retorten, die mit einem System etwas geneigter Röhren in Verbindung stehen, worin sich die flüchtigen Produkte condensiren und dann in einen Recipienten abfließen<sup>1)</sup>.

1) Chemical. Gaz. 1845. Nr. 75. S. 479—480; pharm. Centralblatt. 1846. S. 320.

Um eine zur Pulverfabrikation geeignete, leicht entzündliche Kohle zu gewinnen, bedient man sich theils gußeiserner Kessel, theils und vorzugsweise gußeiserner Cylinder von 4—6 Fuß Länge und 2 Fuß Durchmesser, deren 2 oder 3 in einer Feuerung gelagert sind. Dieselben sind an einem Ende mit einem Deckel fest geschlossen, in welchem sich, nahe der Peripherie, 4 Röhren befinden, am andern haben sie doppelte Deckel aus Blech, deren Zwischenraum mit Asche, als schlechtem Wärmeleiter, ausgefüllt wird. Das Holz wird in Stäben, die 6 Zoll kürzer sind, als die Cylinder, entweder einzeln oder in Bündeln eingelegt, so, daß dieselben von den Deckeln an beiden Enden abstecken. An eine der beiden oberen Röhren wird eine kupferne Vorstoßröhre angefest, welche unter Wasser ausmündet, durch die zweite wird ein Probestab eingesteckt, nach welchem man den Gang des Verkohlens beurtheilt. Sie ist aber während der Zeit, daß der Stab nicht herausgezogen oder hineingesteckt wird, gleich den beiden unteren geschlossen.

Verkohlung  
in Cylindern.

Die Cylinder werden gewöhnlich mit Torf geheizt. Die Temperatur darf darin nicht über 312° C. steigen, die Kohlen dürfen nie glimmen. Nach 5 Stunden tritt die Verkohlung ein. Den Gang der Verkohlung beurtheilt man nach der Beschaffenheit der sich entwickelnden, aus dem Ausgangsrohr entweichenden Luftarten und nach der Farbe der Flamme, die sie beim Anzünden geben. Ist letztere violett, so muß der Prozeß, soll die Kohle leicht entzündlich und braun sein, unterbrochen werden. Dies dauert etwa 7 Stunden, vom Anfang der Verkohlung an gerechnet, denn je langsamer man dieselbe leitet, um so besser fällt das Produkt aus. Die Kohle kühlt in den Cylindern, die man sorgfältig verstreicht, aus.

Diese Kohle klingt dumpf, hat viele Querrisse, aber noch deutlich die Textur des Holzes, bricht, ohne zu splintern, mit scharfem Bruch, fühlt sich fettig wie Reißblei an, sieht braun aus und heißt daher braune oder rothe Kohle; sie brennt mit hellblauer Flamme und löst sich fast vollständig in Kalilauge auf. Die Ausbeute beträgt 33 bis 40% vom Gewichte des trockenen Holzes und darüber, im Allgemeinen um so mehr, und von um so besserer Beschaffenheit, je weniger die angegebene Temperatur überstiegen ward. Man braucht 450 bis 500 Pfund Torf zur Erzeugung von 100 Pfund Kohle.

Roßkohle.

Die Roßkohle hat später eine allgemeinere Wichtigkeit erhalten. Die Verkohlung hat nämlich, wie angegeben, den Zweck, die Masse der brennbaren Theile in einem bestimmten Volum zu vermehren. So hat ein Kubikfuß Buchenholz = 20 Pfund nach Abzug seines Sauerstoff- und Wasserstoffgehaltes, gegen 9 Pfd. brennbare Theile; ein Kubikfuß Buchenkohle dagegen enthält nur brennbare Theile und wiegt 12 Pfd. Man hat also durch die Verkohlung die Masse der brennbaren Theile um  $\frac{1}{3}$  für einen Kubikfuß vermehrt. Hieraus folgt indessen nicht, daß man, um dieses Resultat zu erhalten, die Verkohlung wie beim Weiler völlig beendigen müsse, was schon Berthier angedeutet und Sauvages durch Versuche nachgewiesen hat. Letzterer verkohlte 5 gleiche Mengen lufttrockenes Holz nach

Darstellung  
der Roßkohle  
in Weilern.



einander in einem Ofen, und unterbrach den Prozeß jedesmal zu einer anderen Zeit, um die Produkte verschiedener Grade der Verkohlung auf Gewichts- und Maßverlust und die Menge der brennbaren Theile zu untersuchen. Er fand, daß

100 Pfd. Holz nach	3 St.	4 St.	5 St.	5 ½ St.	6 ½ St.	als Meil- lerkohle
wogen . . . . .	65,4 Pfd.	53 Pfd.	47 Pfd.	41,5 Pfd.	39,1 Pfd.	17,2 Pfd.
und 100 R.-F. maßen	86 R.-F.	76 R.-F.	58 R.-F.	55 R.-F.	52 R.-F.	33 R.-F.

und an brennbaren Theilen enthielt 1 Kubikfuß Holz  
908 Gewichtstheile

3 Stunden gekohlt 883

4       "       "       904

5       "       "       1133

5 ½   "       "       1091

6 ½   "       "       1136

als Meilertohle 1069

Es nimmt sonach die Menge der brennbaren Theile für gleiche Volume bei 5 ½ stündiger Verkohlung nicht mehr zu, weiteres Glühen verursacht einen absoluten Verlust ohne Ersatz, und es ist vortheilhafter, die Verkohlung schon vor der Bildung der Meilertohle abzubrechen. Diese unvollkommene, nur bis zum Maximum der brennbaren Theile fortgesetzte Verkohlung, oder die Erzeugung der Rothkohle, hat bereits in Frankreich und Belgien Eingang gefunden, wo man sich einer Art Meilerverkohlung dazu bedient.

Die Meiler sind haufenartig, langgestreckt, über einem mit Eisenplatten bedeckten, horizontal im Boden angelegten Kanal aufgerichtet. Die heißen Gasarten einer am einen Ende befindlichen Feuerung werden durch die Bewegung eines Ventilators genöthigt, sich in den Kanal und von da durch eine Längenspalte in der ganzen Länge der Eisenplatten in das darüber geschichtete Holz zu verbreiten. Von Außen ist der Haufen mit einer Erdbedecke versehen, mittelst welcher man den entweichenden Gasarten den Austritt nur da gestattet, wo man die Hitze hinleiten will.

Verkohlung  
des Holzes in  
Ofen mit  
Luftzutritt.

Man benutzt zur Verkohlung des Holzes auch Öfen mit Zutritt der atmosphärischen Luft. Diese Art der Verkohlung unterscheidet sich von der Verkohlung in Meilern und Haufen nur dadurch, daß das Holz nicht von einer beweglichen Decke, sondern von festen Wänden eingeschlossen ist. Sie gestatten bei guter Einrichtung eine genauere Regulirung des Luftzutritts, als die Meiler, allein die durchs Schwinden des Holzes beim Verkohlen entstehenden leeren Räume, wodurch der Luftzutritt gestattet wird, sind nicht zu vermeiden. Man bedient sich dieser Öfen meistens nur, wo die fabrikmäßige Gewinnung der Nebenprodukte beabsichtigt wird.

Den Luftzutritt regulirt man durch Registeröffnungen, ähnlich wie bei den Meilern. Die Form der Öfen ist wegen des dichteren Zusammensetzens des Holzes am besten länglich viereckig. Die beiden langen Seiten-

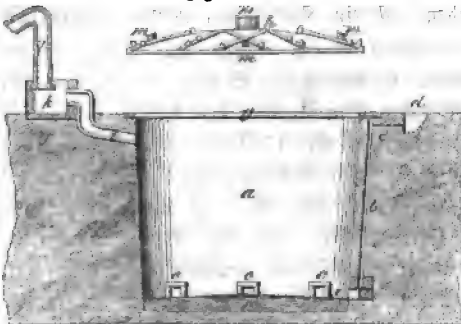
mauern tragen ein Tonnengewölbe, welches von den schmalen Siebelmauern an beiden Enden geschlossen wird. In diesen befinden sich die Öffnungen zum Einsetzen des Holzes und Ausziehen der Kohle, die während der Verkohlung zugemauert und von Außen mit eisernen Thüren geschlossen sind. Rings um den Ofen sind 2 Reihen Öffnungen von  $1\frac{1}{2}$  Zoll Durchmesser, in Abständen von 3 Fuß auseinander, die eine Reihe in der Höhe der Sohle des Ofens, die andere  $1\frac{1}{2}$  Fuß höher. Eine 6 Zoll hohe Öffnung dient zum Anzünden des Holzes durch eine beim Einsetzen desselben besonders ausgesparte Feuergrasse. Sie wird nach dem Einbringen des Feuers vermauert. Die Gase und Dämpfe ziehen durch ein 6 Zoll weites kupfernes Rohr, welches im Gewölbe angebracht ist, nach den Condensationsräumen. Anfangs bleiben die Registeröffnungen offen, werden aber im Verhältnisse, als die Verkohlung vorschreitet, mit passenden Stöpfeln geschlossen. Eine rasche Verkohlung vermindert die Kohlenausbeute. Nach der völligen Verkohlung werden die Register mit Lehm fest verstrichen und der Ofen abgekühlt, wozu nach der Größe 8, 12 bis 14 Tage erforderlich sind. Man erstickt auch mit Wasser die Glut im Ofen.

Bei langsamer Verkohlung, wenn die Register, sobald sich die Theerdämpfe zeigen, fast ganz geschlossen werden, ist die Kohlenausbeute an solchen Ofen nicht geringer, als bei der Verkohlung unter beweglichen Decken. Wenn demnach der Werth der gewonnenen Nebenprodukte die Erbauungs- und Unterhaltungskosten des Ofens und die größeren Verkohlungskosten übersteigt, so ist die Verkohlung in solchen Ofen vortheilhafter, als die in Weilern und Haufen <sup>1)</sup>.

Ganz nach demselben Princip, nur mit geringerem räumlichen Inhalte ist der Ofen von de la Chabeaussière. Er bedient sich sowohl unterirdischer Ofen und Gruben, als auch ganz nach derselben Art construirter Ofen über der Erde. Fig. 118 zeigt den senkrechten Durchschnitt und Fig. 119 den Grundriß eines solchen Ofens.

Verkohlungs-  
ofen, mit Luft-  
zutritt von  
Chabeaussière

Fig. 118.

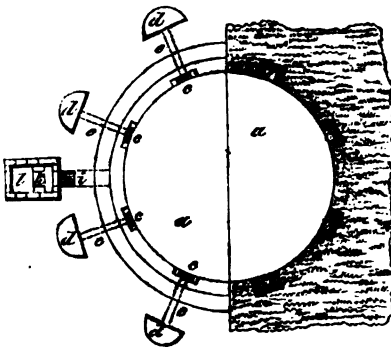


Es wird eine Grube *a* von 10 Fuß oberem und 9 Fuß unterem Durchmesser und 9 Fuß Tiefe gegraben, die Wände festgeschlagen und mit Rasen bekleidet. Rings um die Grube werden in gleichen Abständen 8 senkrechte, 6 Zoll ins Gevierte weite Kanäle *b* niedergetrieben, die durch kurze, horizontale, in den Ofen aus-

1) Eine Abbildung eines solchen Ofens, welcher 1780 bei Ankarsrums-Hütte in Schweden aufgeführt wurde, findet sich in den Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbleißes in Preußen 1827 auf Taf. 2, nebst Beschreibung auf S. 58 u. 66.

mündende gemauerte Randle *cc* der atmosphärischen Luft Zutritt zum Ofen verschaffen. Die senkrechten Luftkanäle sind oben bedeckt, gehen aber durch

Fig. 119.



ein kurzes horizontales Rohr *ee* in kleine Gruben *dd* aus, in denen man sehr leicht, ohne daß der senkrechte Kanal selbst durch hineinfallende Erde u. dgl. verstopft werden kann, die Öffnungen derselben verschließen kann. Die Sohle *f* des Ofens ist von Thon, von der Mitte nach der Peripherie hin abfallend geschlagen, der obere Rand der Grube mit einem Kranze *g* von Mauersteinen eingefaßt, um darauf den eisernen Hut *k* ruhen zu lassen, der

bei der Vertrohlung die Grube bedeckt. 9 Zoll unter diesem Mauerkranz ist ein 9zölliges Loch, in welchem eine sanft ansteigende Röhre *i* von 2 Fuß Länge lagert, sich dann aufwärts biegt und seitwärts in einen gemauerten Behälter *k* ausmündet, welcher über der Erde aufgeführt ist. Dieses Bassin kann mit Eisenplatten bedeckt werden, hat 2 bis 3 Zoll über der Sohle eine Abzugsöffnung für die Säure und den Theer und in der einen befestigten Deckplatte ein Rohr *l* zur Abführung der Gase. Will man aber Säure und Theer möglichst vollständig gewinnen, so muß ein Fässerapparat mit Verbindungsrohren angewendet werden. Der Hut *k* wird aus starkem Eisenbleche zusammengeletet und durch Rippen verstärkt; er hat 10½ Fuß Durchmesser, ist flach gewölbt, wiegt 5 bis 5½ Centner und wird mittelst langer Hebel und untergelegter Walzen fortbewegt. In der Mitte ist ein 9zölliges Loch *m* mit einem Hals und Stürze, die gut aufpassen muß, ebenso sind noch 4 kleinere Öffnungen *mmmm* von 4 Zoll Durchmesser, 1 Fuß vom Rande abgehend, angebracht, gleichfalls mit Halsen und Stürzen. Um die Kohlen auszuziehen, ist ein Krahn mit Rollen erforderlich.

Die Ofen über der Erde werden ebenso erbaut; die Dicke des aus Erde und Rasen aufzuführenden kreisförmigen Walles beträgt an der Sohle 8 Fuß. Wenn also der lichte Durchmesser des Ofens 9 Fuß ist, so hat der ganze Ofen einen Durchmesser von 17 Fuß. Am oberen Rande ist die Stärke des Erdwalls 3 Fuß. Die Luftlöcher sind horizontale Randle, in denen idene Röhren liegen, 6 Zoll über der Grubensohle ausmündend, 8 im Umkreise des Ofens. Für den Hut ist ein Krahn mit Ketten vorhanden. Aus dem oben angebrachten gemauerten Bassin steigt die Gas, Dampf und Flüssigkeiten ableitende Röhre in den Fässerapparat nieder.

Die Aufstellung des Holzes ist wie in den horizontalen Meilern, das Anzünden geschieht in dem senkrechten Quandelkanal mittelst glühender Kohlen. Der Hut wird einige Zoll hoch mit Erde bedeckt und von Anfang an alle Zuglöcher an der Peripherie des Ofens und im Deckel

geöffnet, dann aber mehr oder minder geschlossen, je nachdem es erforderlich ist. De la Chabreauffière will in 8 Öfen jährlich 500 Decastère Eichenholz verkohlt und daraus 16,000 Hectoliter oder 64,000 franz. Pfund, oder etwa 25% Kohlen, nebst dem noch Theer, und 30,000 Besten Holzsaure von 2 bis 5° Baumé erhalten haben, also in preussischem Maße von 1500 Klaftern Holz 19,111 $\frac{1}{3}$  Scheffel Kohlen oder 66,976 Pfund.

Auch die **Grubenverkohlung**, welche noch jetzt in Schweden und Rußland betrieben wird, gehört hierher. Man gräbt an der Seite eines Bergabhanges eine kegelförmige Grube, die Spitze nach Unten gekehrt. Von hier aus leitet man in einer etwas geneigten Rinne die flüssigen Produkte nach Außen in die untergestellten Fässer. Man füllt die Grube mit zerkleinertem Radelholz, bedeckt das letztere mit Ästen und Erde, stößt in diese einige Öffnungen, um Zuglöcher anzubringen. Das Anzünden geschieht von Oben. Man hat auch wohl ausgemauerte Gruben. Bei dieser Verkohlungsart gewinnt man hauptsächlich Theer, wie in Schweden und Rußland. Auf dieselbe Weise gewinnt man in Rußland den Birkentheer (Birkenöl oder Dagget), indem man in 20 bis 25 Fuß tiefen Gruben, die nach Unten sich beträchtlich verengen, Abflusströhen haben und deren Seitenwände mit Holz ausgefegt sind, Birkenrinde fest einstampft; oben auf legt man Stroh und zündet durch die in der oberen Decke von Rassen und Erde angebrachten Zuglöcher das letztere an.

Grubenverkohlung.

Man hat auch zur Ersparung des vielen Brennmaterials, welches bei der Erhitzung, von den Wänden aus, in geschlossenen Öfen aufgeht, durch in dem Ofen hin und her geleitete eiserne Röhren beizutragen gesucht, welche die heiße Luft der Feuerung durchzieht. Durch diese Erhitzungsart mag wohl auf der einen Seite an Brennmaterial gespart werden, auf der andern Seite muß aber auch viel heiße Luft unbenutzt aus der Mündung der Röhren entweichen.

Schwarz in Stockholm schlug daher vor, die glühenden Gasarten, welche die Flamme bilden, da dieselben kein Sauerstoffgas mehr enthalten, statt durch Röhren unmittelbar in den Verkohlungsöfen zu leiten, wodurch die kostbaren eisernen Röhren und an Brennmaterial gespart werde. Doch sollen die in Schweden hiezu angestellten Versuche kein günstigeres Resultat geliefert haben, als die Verkohlung unter beweglichen Decken. Durch die große Hitze entstehen leicht Risse im Ofen, wo dann die Luft viel weniger vollständig abgehalten werden kann, als durch die Decke von Erde und Kohlenlöshe. Man hat daher auch diesen Ofen aufgegeben. Er hat übrigens den Vorzug vor den meisten Verkohlungsöfen, daß er die Verkohlung ganz im Großen gestattet, was bei den übrigen von Außen geheizten Öfen der Fall nicht ist, da dort die Hitze von den Wänden aus nicht bis ins Innere bringen würde; hat aber mit allen Verkohlungsöfen den Nachtheil, daß nicht selten das Holz sehr weit hergebracht werden muß, wodurch also seine Vortheile sehr leicht wieder verloren gehen. Theer und besonders Holzsaure liefert er in großer Menge. Einige wenige solcher in beständiger Wirksamkeit sich befindender Öfen könnten ganz Europa mit

Der Verkohlungsöfen von Schwarz.

Holzsaure versehen, wenn die erhaltene Säure mit Kalk gesättigt und eingetrocknet ein Ausfuhrartikel werden würde. Sie könnte zu einem äußerst geringen Preis verkauft werden, wenn man die Einrichtung träte, daß man die Hitze bei der Verkohlung zum Abdampfen des holzsauren Kalks verwenden könnte<sup>1)</sup>.

#### Harz- und Pechfiederei.

Harz- und  
Pechfiederei.

Obgleich das meiste Pech bei der Destillation des Theers (vgl. S. 644) gewonnen wird, so ist doch hier auch noch die für manche Gegenden nicht unwichtige Darstellung desselben aus dem von lebenden Nadelholzbäumen gesammelten Harze zu berücksichtigen.

Das Harz, welches man aus den Nadelhölzern, namentlich aus Fichten in Gegenden erhält, wo das Holz so wohlfeil ist<sup>2)</sup>, daß durch die Harzbenutzung mehr gewonnen wird, als der dadurch verminderte Zuwachs und das Verderben am Holze beträgt, gewinnt man dadurch, daß man im Frühjahr, ehe der Saft in Bewegung kommt, auf der Sommerseite des Stammes einen 3 Fuß langen und 1 bis 1½ Zoll breiten, nach Unten keilförmig zulaufenden Streifen Rinde bis auf den Splint, 2 Fuß von der Erde entfernt, wegnimmt.

Das aus dieser Rinne (Laache) hervordringende und an der Luft erhärtende Harz wird im kommenden Juli und August gesammelt, während man bei der Sammlung des Terpentins das Vertrocknen des Weichharzes dadurch hindert, daß man die in der Rinde befindlichen Harzbeulen anbohrt und den ausfließenden Saft sogleich (gewöhnlich in angelegten Ochsenhörnern) auffängt.

Der nach der ersteren Art gesammelte, an der Luft durch Verbunstung eines Theiles seines ätherischen Oeles (Terpentinöl) vertrocknete Terpentin heißt weißes Harz, Fichtenharz oder (besonders der aus *Pinus maritima* erhaltene) Galipot, welches als solches wenig oder keine Anwendung findet und daher durch künstliche Zubereitung in Pech, Colophonium und Terpentinöl verwandelt wird. Man begreift die hierzu nöthigen Operationen unter dem Namen der Pechfiederei.

Wird das Fichtenharz für sich geschmolzen und durch Stroh geseiht oder ausgepreßt, so erhält man das gewöhnliche Pech. Das erst bei stärkerem Drucke ausfließende nicht ganz klare Harz heißt schwarzes Harz, schwarzes oder brannes Pech. Die Pressrückstände, mit Harz getränkte Holz- und Rindenstücke, Pechgrievon werden zur Kienrußbereitung

1) Eine Abbildung eines zu Brevenshütte erbauten Schwarz'schen Ofens findet sich in den Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbleißes in Preußen. 1827. Taf. I. S. 48. — über Holzessigbereitung vgl. auch Leuchs, S. 6. Die Holzessigfabrikation. 2. Ausg. Nürnberg, Leuchs & Comp. 1846. 15 Ngr. oder 54 Kr.

2) Über die Einträglichkeit der Benutzung der Schwarzföhre auf Harz im Vergleich mit dem Holzwerth s. Glubel's ökonom. Neuigkeiten und Verhandlungen. 1847. Nr. 14. S. 110.

verwendet. Destillirt man dagegen das rohe Fichtenharz mit Wasser, wobei sein Gehalt an Terpentinöl (10—15%) fast gänzlich übergeht, schmilzt dann den Rückstand, welcher ebenso wie der bei der Destillation nicht völlig von Terpentinöl befreite Terpentin, gekochter Terpentin heißt, und seigt denselben durch, so erhält man das weiße oder Burgunder Pech, welches noch weniger Terpentinöl als der gekochte Terpentin enthält.

Wird der gekochte Terpentin heiß mit 15% Wasser stark umgerührt, so wird er undurchsichtig, schmutziggelb und heißt dann gelbes Fichtenharz oder gelbes Pech, welches nach damit angestellten Versuchen 4 bis 6% Wasser enthält und in gelben undurchsichtigen, zerreiblichen Kuchen von glasartigem Bruche und schwachem Geruche vorkommt und zwischen den Fingern erweicht. Man fertigt aber auch gelbes Harz aus 3 Theilen Kolophon und einem Theile weißem Harz, welche man zusammenschmilzt, durch Stroh seigt und mit Wasser behandelt.

Wird das weiße oder burgundische Pech so lange für sich geschmolzen, bis es allen Terpentingeruch verloren hat, durchsichtig und rothgelb geworden ist, wobei es eine theilweise Zersetzung erleidet, so hat man das Seigenharz oder Kolophonium, welches je nach der Hitze, welche es ausgehalten hat, hell, bräunlichgelb oder dunkelbraun und undurchsichtig ist, in dünnen Stücken aber gelb oder rothgelb, glasglänzend, spröde, von muscheligem Bruche, ohne merklichen Geruch und Geschmack.

Man läßt, um diese Schmelzung und Reinigung des Fichtenharzes vorzunehmen, mehrere kupferne Kessel so einmauern, daß nur der Boden jedes Kessels vom Feuer berührt wird und daß keine Flamme aus dem Schürloche an die Harzmasse schlagen und dieselbe entzünden kann. In diesen Kesseln schmilzt man entweder das Harz für sich, bei Anfangs gelinde, dann allmählig verstärktem Feuer unter fortwährendem, langsamem Umrühren, oder man bedeckt den Boden des Kessels 2—3 Zoll hoch mit Wasser und füllt ihn dann allmählig zu  $\frac{1}{2}$  mit rohem Harz an, das man durch vorsichtig verstärktes Feuer zum Schmelzen bringt. Man füllt hierauf mit dem geschmolzenen Harze einen groben leinenen, zuvor naßgemachten Sack zu etwa zwei Drittel, bindet ihn fest zu, bringt ihn dann unter eine einfache Presse, drückt das flüssige Harz langsam aus und fängt es in kleinen Tonnen oder Kübeln von Tannenholz auf, sammt denen man es verkauft, oder man schöpft das oben aufschwimmende klare Harz sogleich in die Kübel und bringt bloß das untere mit Unreinigkeiten vermengte in einen großen aus Draht sehr dicht gestrickten Sack, welcher, damit er nicht zu bald erkalte, zwischen zwei stark geheizten Öfen ausgepreßt wird. Man erhält aus 100 Pfund Fichtenharz 50 Pfund braunes und 2 Pfund schwarzes Harz. Der Aufwand für die Reinigung des Harzes verhält sich in der Regel zum Erlös, wie 1 zu 3, bei niedrigen Harzpreisen wie 1 : 2.

Um das Fichtenharz mit Wasser zu destilliren, verfährt man wie bei gewöhnlichen Destillationen, schüttet das zuerst übergehende gefärbte Wasser so lange weg, bis es einen Überzug von Terpentinöl zeigt. Die ganze

Operation dauert gewöhnlich zwei Stunden. Man arbeitet abwechselnd in zwei in einem Ofen eingemauerten Destillirkeffeln von etwa zwei Fuß Tief und Weite.

Das Terpentinöl wird in der Medicin und Malerei, das Kolophonium zum Bestreichen der Violinbogen, zu Pflaster- und anderen Harzmischungen, das schwarze und braune Pech beim Schiff- und Wasserbau, letzteres auch von Reggern, zum Pichen verschiedener Gefäße und Rinnen, das weiße zu Windlichtern u. sehr häufig benutzt.

### Kienrußbrennerei.

Kienrußbrennerei.

Wenn man ölige oder harzige Körper bis zu ihrer Zersetzung erhitzt und dabei so viel atmosphärischer Luft Zutritt gestattet, daß der Sauerstoff wohl zur Verbrennung des Wasserstoffs, nicht aber zu der des Kohlenstoffs des entweichenden Kohlenwasserstoffs hinreicht, so setzt sich der Kohlenstoff in Verbindung mit Harz- und Öltheilen als Ruß an der Umgebung ab. Den auf diese Weise aus harzigem oder Kienholz bereiteten voluminösen Ruß hat man Kienruß genannt, welchen man im Großen gewinnt.

Material zur Kienrußbereitung.

Das beste Holz zum Kienrußbrennen ist harzreiches Kieferholz, besonders von 2—3 Jahr alten Stöcken, auch die übrigen Nadelholzarten geben guten Kienruß, aber weniger, alles Laubholz dagegen wenig und schlechten Kienruß, bis auf die Birkenrinde, welche einen ausgezeichneten Kienruß liefert, welcher sich besonders zur Bereitung der Tusche eignet.

Außerdem sind besonders Theerabgänge, sehr unreines Fichtenharz (Pich- oder Flußharz) und die Abfälle beim Pechsieden, die Pechstienem zur Kienrußgewinnung anwendbar, weshalb auch die Kienrußbrennerei als Nebengewerbe der Pechsiederei betrachtet wird.

Kienrußofen und Rauchkammer.

Die Vorrichtung zur Kienrußerzeugung besteht im Kienrußofen und der Rauchkammer.

Will man z. B. Harz oder Theer dazu verwenden, so erhitzt man sie in einem Topfe *a*, zündet sie an und läßt nur wenig Luft hinzutreten.

Fig. 120.



Von dem Ofen, in welchem sich der Topf *a* befindet, geht eine Öffnung in die Rauchkammer, welche hier aus einem runden Häuschen besteht, dessen Wände *b* mit Fellen oder Flanell überzogen sind, und welches oben mit einer schirmartigen Vorrichtung *d* aus grober Leinwand versehen ist; durch diese Leinwand findet der Zug vom Kessel aus statt. Der Kienruß setzt sich theils am Boden, theils an die rauhen Wände, theils an die Leinwand des Schirmes ab. Die schirmartige Einrichtung kann man herunterlassen und dadurch zugleich von den Wänden den Kienruß abstreifen.

Der Kienrußofen ist gewöhnlich 2 bis 2½ Fuß im Lichten breit, 3 bis 4 Fuß lang und 2 bis 2½ Fuß hoch, steht auf einer 1½ bis 2 Fuß hohen Mauer, und wird entweder von Backsteinen oder Bruchsteinen errichtet.

Die vordere Seite allein, oder jede der langen Seiten ist mit einem kleinen niedrigen Schürloche versehen, welches nöthigenfalls mit einem Thürchen verschlossen werden kann. Den Kienrußofen verbindet in der Regel ein 14 bis 16 Fuß langer, 12 bis 13 Zoll breiter und ebenso hoher, gemauerter, fast wagrecht ziehender Kanal oder Schlauch mit der Rauchkammer.

Die Rauchkammer hat gewöhnlich 10 bis 12 Fuß im Quadrat, ist ohne Dach 9 Fuß hoch, aus Holz gebaut und mit Fellen ausgekleidet oder mit Bretern verschalt, welche aber dann eine glatte Oberfläche darbieten müssen. Sie besteht bisweilen aus 3 durch Breterböden geschiedenen Abtheilungen. Die beiden unteren Böden haben in der Mitte 5 bis 6 Fuß große quadratische Öffnungen, welche durch grobe Leinwand verschlossen sind, während in die Öffnung der obersten Decke die Spitze des Leinwandschirmes hineinreicht. Auf jedes der drei Stockwerke gelangt man von Außen mittelst Treppen. Entweder ist bloß die Rauchkammer mit einem Ziegeldache gedeckt, während der Ofen nebst dem Kanal frei steht, oder es ist alles dies unter ein Dach gebracht.

Sind die Wände der Kammer von Mauerwerk, so müssen si natürlich auch mit einem nicht abbröckelnden, glatten Abputz bedeckt sein, um den Kienruß nicht mit Mörtel zu verunreinigen.

Will man nun aus Kienholz oder Pechgrieven Kienruß in diesen Ofen erzeugen, so zündet man das Material im Feuerraum an, indem man ein helles Flammfeuer dabei verhütet, sogleich neues Material zulegt, wenn die Flamme zum Vorschein kommt, und heizt so 12 Stunden lang fort. Setzt man die Operation länger fort, so setzt sich dann wegen der sich verstärkenden Hitze und vollständigeren Verbrennung des Rauches nur wenig Kienruß mehr an, und es steht eine Entzündung des bereits angelegten zu befürchten. Da frisch bereiteter Kienruß als ein die Luft sehr begierig absorbirender und bei der hohen Temperatur sich leicht entzündender Körper pyrophorisch wirkt, so darf die Kammer nicht zu früh geöffnet werden. Man bringt ihn dann in den bekannten kleinen Butten in den Handel.

Oft muß man, wenn das Material im Ofen nicht mehr brennen will, den schon zu viel angelegten Ruß von Außen möglichst abklopfen, um den Zug wieder herzustellen. Wo die Kammer in mehrere Etagen abgetheilt ist, kann man den Ruß derselben für sich sammeln, ebenso den unterhalb angelegten, weil er um so feiner ist, je weiter entfernt von der Feuerstätte er sich angelegt hat.

Nach Sägerschmidt geben 100 Pfund Pechgrieven 13,3 Pfund Kienruß.

Ubrigens ist der Kienruß, wie schon angegeben, überhaupt keine reine Kohle, sondern enthält noch so viel Brandharz, daß er von darauf gegossenem Wasser nicht benetzt wird und, um ihn mit Flüssigkeiten mengen zu können, zuvor mit Branntwein befeuchtet werden muß, welcher das Brandharz theilweise auflöst. Er brennt daher beim Erhizen mit Flamme und gibt bei der trockenen Destillation brenzliches Öl. Nach der Analyse von Braconnot besteht der Kienruß aus:

Der Kienruß  
ist keine reine  
Kohle.



Kohle . . . . .	79,1
In Alkohol löslichem Brandharz . . . . .	5,3
In Alkohol unlöslichem, schwarzem Brandharz . . . . .	1,7
Schwefelsaurem Ammoniak . . . . .	3,3
Gyps . . . . .	0,8
Sand (zufällig) . . . . .	0,6
Schwefelsaurem Kali . . . . .	0,4
Phosphorsaurem Kalk (eisenhaltig) . . . . .	0,3
Hummin . . . . .	0,5
Wasser . . . . .	8,0
Spur von Chlorkalium und nach Reichenbach auch Naphthalin.	

Gebrauch des  
Kienrußes  
u. Reinigung  
desselben.

Der Kienruß findet als Anstrichfarbe eine sehr verbreitete Anwendung. Um ihn von seinen harzigen Bestandtheilen, welche ihn zum Gebrauche für Druckerei und feinere Malerei unbrauchbar machen, zu reinigen, glüht man ihn in einem bedeckten Tiegel eingestampft aus, oder verkohlt ihn durch unvollständige Verbrennung, indem man ihn in einen Cylinder einstampft, in dessen Centrallinie man durch den Kienruß ein Loch macht, in welchem man ihn anzündet und ihn so unter beschränktem Luftzutritt langsam durchkohlen läßt. Um ihn im Großen zu reinigen, füllt man damit blechernen Cylinder, welche aus zwei mittelst Charnieren verbundenen Hälften bestehen, an, stampft ihn fest ein und legt dieselben in einen weiten gußeisernen Cylinder, der in einer Feuerung eingemauert liegt, vorn mit einem eisernen Deckel geschlossen werden kann, von Hinten aber ein angeöffnendes eisernes Rohr hat, welches durch ein angefügtes Blechrohr bis zum Feuerherd verlängert ist. So wie die Hitze steigt, werden die flüchtigen und zerstörbaren Beimengungen des Kienrußes theils verflüchtigt, theils zerstört und entweichen in Dampf- und Gasform durch das Rohr und verbrennen in der Feuerung. Sobald das Blechrohr kalt wird, ist die trockene Destillation beendet. Man öffnet dann den großen Cylinder, zieht die Blechkapsel heraus und trägt eine andere dafür ein. Die gereinigte Schwärze liefert nun sowohl mit Wasser, als mit Öl abgerieben eine gute Farbe. Mit Öl abgeriebener Ruß ist gleichfalls sehr pyrophorisch.

Kienrußsuro-  
get.

Die Vorzüge des Kienrußes oder des Lampenschwarzes für seine technische Anwendung bestehen in der Feinheit seiner Zertheilung. Jones in Chester ließ sich 1846 ein Verfahren patentiren, gewöhnliche Holz- und Torfkohle in ein ebenso feines Pulver zu verwandeln, indem ein Ventilatorgebläse auf das in einer Umrührvorrichtung befindliche Kohlenpulver wirkt. Der Luftzug führt die feinsten Theile des Pulvers in eine lange Kammer, wo sie sich absetzen können, während die Luft abzieht. Das Nähere des Verfahrens findet sich in der illustrierten Gewerbezeitung 1847. S. 343, so wie auch in anderen technischen Zeitschriften.

Pottaschenfiederei.

In Gegenden, wo das Holz überhaupt wenig, oder manche Holzart keinen Absatz findet, wie in Schweden, Polen, Rußland und Nordamerika, oder wo der Ertrag der Pottasche den vom verkauften Holz übersteigt, oder wo Bindwürfe so häufig vorkommen, daß ihre Aufarbeitung zu Brennholz mehr kostet, als die Verwerthung desselben einträgt, oder wo endlich Glashütten und sonstige dergleichen Consumtionsorte für die Pottasche die Erzeugung in der Nähe vortheilhaft machen, da wird das Holz und namentlich die als Brennholz zu verwendenden Holzabfälle zu Asche verbrannt und aus der Asche Pottasche gewonnen.

Da sich die in den Pflanzen enthaltenen Salze vorzugsweise im Saft derselben aufgelöst vorfinden, so muß stark ausgelaugtes Holz, Flößholz weniger Asche und Pottasche liefern, als ungeflößtes, der Bitterung längere Zeit ausgesetztes weniger als frisch gefälltes, außer der Saftzeit gefälltes weniger als im Saft gefälltes, jedoch vor dem Verbrennen langsam und mäßig ausgetrocknetes, weiches Holz weniger als hartes, unreifes weniger als reifes, altes und faules weniger als junges- und gesundes, Stämme weniger als Zweige, Zweige weniger als Blätter, Bäume weniger als Sträucher, Sträucher weniger als Kräuter. Über die Aschengehalte verschiedener Pflanzen und deren Theile vgl. S. 385—389.

Nach Karsten liefern 100 Theile folgende Vegetabilien:

Junges Kieferholz . . .	0,120
Altes " . . .	0,150
Junges Fichtenholz . . .	0,15
Altes " . . .	0,15
Junges Eichenholz . . .	0,15
Altes " . . .	0,11
Junges Tannenholz . . .	0,225
Altes " . . .	0,250
Junges Birkenholz . . .	0,25
Altes " . . .	0,30
Roggenstroh . . .	0,30
Junges Weißbuchenholz . . .	0,32
Altes " . . .	0,35
Junges Ellernholz . . .	0,35
Altes " . . .	0,40
Junges Rothbuchenholz . . .	0,375
Altes " . . .	0,40
Lindenholz . . .	0,40
Rohrstengel . . .	1,70
Farrenkrautstroh . . .	2,75

Zu verschiedenen Jahreszeiten liefert das Holz nach Grabner folgende Aschenprocente:

	im August	November	Februar	Mai
Fichte . . . . .	1,5	1,6	1,7	1,6
Schwarzföhre . . . . .	1,5	2,6	3,2	2,2
Weißföhre . . . . .	1,6	1,7	1,9	1,7
Rothbuche . . . . .	1,6	2,0	2,8	2,5
Weißtanne . . . . .	1,7	1,6	1,8	2,2
Kerche . . . . .	1,8	1,3	2,3	1,8
Traubeneiche . . . . .	1,9	2,1	2,2	2,3
Eiche . . . . .	2,1	1,5	1,8	1,7
Birke . . . . .	2,3	1,7	2,3	1,9
Weißbuche . . . . .	2,4	2,2	2,1	1,9
Ferreiche . . . . .	2,5	1,8	1,7	1,5

Nach Höß liefern 100 Theile:

	Asche	Pottasche
Fichtenholz	0,34	0,045
Buchenholz	0,58	0,127
Eichenholz	1,22	0,074
Ulmenholz	1,35	0,150
Weidenholz	2,55	0,390
Weinreben	2,80	0,285
Farrenkraut	3,40	0,550
Bermuth	3,64	0,425
Erdbrauch	9,74	7,300
	21,90	7,900

Nach den Versuchen von Bauquelin, Pertuis, Kirwan und Saussure liefern 1000 Theile nachstehender Holzarten und anderer Vegetabilien folgenden Durchschnittsertrag an Pottasche:

Fichte . . . . .	0,45
Pappel . . . . .	0,75
Klee . . . . .	0,75
Buche . . . . .	1,45
Eiche . . . . .	1,53
Buchsbaum . . . . .	2,26
Weide . . . . .	2,85
Rüster . . . . .	3,90
Weizenstroh . . . . .	3,90
Rinde von Eichenästen . . . . .	4,20
Disteln . . . . .	5,00
Wollgras . . . . .	5,00
Kleine Binse . . . . .	5,08
Weinreben . . . . .	5,50
Gerstenstroh . . . . .	5,80
Trockene Buchentrinde . . . . .	6,0
Farrenkraut . . . . .	6,26
Große Binse . . . . .	7,22

Reisfengel . . . . .	17,50
Ruhdistel . . . . .	19,60
Bohnenfengel . . . . .	20,0
Sonnenblumenfengel . . . . .	20,0
Brennnesseln . . . . .	25,03
Wickenkraut . . . . .	27,50
Disteln . . . . .	35,37
Trockene Weizenfengel vor der Blüte	47,0
Bermuthskraut . . . . .	73,0
Erdrauchkraut . . . . .	79,0

Zur Vergleichung mögen auch noch folgende Angaben dienen <sup>1)</sup>:

100 Theile enthalten	Asche darin	Pottasche	nach
Dahlia mit Blüten und Blättern .	7,992	1,998	Abene
Stengel der Dahlia nach dem Blühen	4,457	0,360	"
Knollen der Dahlia . . . . .	9,916	1,344	"
Zweige der Platane . . . . .	2,305	0,230	"
" " Robinia . . . . .	2,459	0,256	"
Blätter der Platane . . . . .	9,222	1,844	"
Traubenstiele . . . . .	8,888	4,166	"
Weinreben . . . . .	4,666	1,275	"
Weinrebern von Asti . . . . .	7,291	1,488	Blengini
" " Venda di Cirie . . . . .	3,571	1,339	"
Trockene Weinbeersthalen . . . . .	"	5,088	"
Weintraubenstiele . . . . .	"	3,981	"
Weinbeerkerne . . . . .	"	0,095	"

Das ganze Verfahren bei der Pottaschenfiederei zerfällt in 4 Operationen: die Gewinnung der Asche oder das Aschebrennen; das Auslaugen der Asche, das Einsieden der Lauge zu Pottasche und das Calciniren der Pottasche.

Die Asche wird entweder in den Feuerungen, wo man Holz brennt, gesammelt, oder man verbrennt gleich im Walde, an Orten, wo keine Feuergefahr zu befürchten ist, in einer verhältnißmäßig großen Grube, welche man an einem Abhange macht und am Grunde mit Steinen belegt, das Holz verschiedener Waldbäume, welches auf keine andere Art vortheilhaft abgesetzt werden kann, Raff- oder Leesholz, Laub und krautartige Gewächse, Forstunkräuter, Farnen zu einer Zeit, wo es nicht regnet, und sammelt dann die Asche zum weiteren Gebrauch an einem trockenen Orte unter Dach.

Eine mäßige Flammenentwicklung liefert mehr Asche, als eine grelle Hitze, weil bei der anfänglichen Entwicklung der Wasserdämpfe sonst viel Alkali mit entweicht.

Die Pflanzenasche, oder der beim Verbrennen der verschiedenen Vegetabilien bleibende feuerbeständige Rückstand ist, wie schon oben (S. 390)

1) Pharm. Centralbl. 1839. S. 297 aus Journ. de Pharm. 1839. Jan. S. 30—31.

angegeben wurde, ein Gemenge aus Kali, Natron, Kalkerde, Bittererde, Eisenoryd, Manganoryd, theils frei, theils mit Kieselsäure, Kohlensäure, Phosphorsäure, Chlor verbunden nebst freier Kieselsäure, selten mit Thonerde und Spuren von Kupfer. Von diesen Substanzen macht der kohlen-saure Kalk oft die Hälfte und darüber aus, die andere Hälfte ist in der Regel größtentheils kohlensaures Kali. (Das Genauere über die Zusammen-setzung der Asche vgl. oben S. 385—390). Die Asche bildet ein Pulver von einer durch beigemengte Kohlentheile je nach der bei der Verbrennung stattgefundenen Hitze mehr oder weniger grauweißen Farbe, welche gewöhnlich etwas ins Bräunliche zieht, von unvollständig verbrannten Zersetzungsprodukten, wie Brandharz u., die man hier gewöhnlich mit Extraktstoff bezeichnet.

Feuergefähr-  
lichkeit heißer  
Asche.

Die Mengung der Asche mit kleineren und größeren Kohlentheilen war schon häufig die Ursache von Brandunfällen, wenn die Asche, so lange erstere noch im Glühen waren, mit brennbaren Körpern in Berührung kam. Wenn einzelne glühende Kohlen so auf den platten Boden gelegt werden, daß sie nicht, wie auf einem Rost, einen Luftzug von Unten erhalten, ver-löschen sie vermöge der raschen Wärmeentziehung sehr bald. Wird aber eine glühende Kohle so von einem schlechten Wärmeleiter, wie Kreide, Magnesia, Asche u. dgl. umgeben, daß nur ein kleiner Theil ihrer glühenden Oberfläche mit der Luft in Berührung steht, so erfolgt die Verbrennung derselben sehr vollständig und die dabei entwickelte Wärme bringt einen großen Theil des pulverförmigen Körpers ins Glühen.

Plummer<sup>1)</sup> stellte hierüber eigene Versuche an. Als er aus einer Pinte gesiebter Holzasche auf einem zusammengefalteten Papier einen 4 Zoll hohen kegelförmigen Haufen gebildet, eine nur an einer einzigen Ecke ange-jümdete Kohle auf die Spitze desselben gelegt und sehr lose zugedeckt hatte, fand er die Kohle nach 17 Minuten durchaus glühend. Er bedeckte wieder zu und nach 11 Minuten war das unterliegende Papier und Bret ganz warm. Durch eine Spalte des Bretes sah er das Innere des Haufens roth-, wo nicht weißglühend. Nach einer Stunde vom Anfang des Experi-ments war die Kohle noch nicht ganz verbrannt. Die Kohle verhielt sich auch Kreide und Magnesia, nicht aber trockener gebrannter Gyps, Erde, feiner Sand und verschlackte Holzasche. Diese starke Erhitzung ist also bloß der geringen Wärmeleitung und Ausstrahlung der Asche zuzuschreiben.

Zusammen-  
drückbarkeit  
der Asche.

Für die Zusammendrückbarkeit der Asche ergibt sich nach Plummer's Versuchen folgendes Verhältniß: das lockere Maß voll = 100 wurde Asche im Volum reducirt auf 25, Kreide und Magnesia auf 50, Gyps und ge-meine Erde auf 69, verschlackte Asche auf 86, Sand auf 88. Der Sand konnte durch Schütteln auf ein kleineres Volum reducirt werden, als durch die angewandte Kraft.

1) Vgl. Sturgeon's Ann. of Electricity and Chemistry, oder Dingler's polytechn. Journal. Aprilheft 1843, oder Wiener polytechn. Journ. 1843. S. 495.

Um das kohlensaure Kali von den ihm in der Asche beigemengten Substanzen in dem Maße zu reinigen, wie es bei der Pottaschenfiederei geschehen kann, muß es vor Allem durch das Auslaugen der Asche von den unlöslichen Stoffen getrennt werden. Man bringt sie in die etwa 3 Fuß hohen, oben  $3\frac{1}{2}$  bis 4 weiten, unten aber etwas schmalere Laugenfässer mit doppeltem Boden (Ascher), wovon der obere 3 bis 4 Zoll vom unteren entfernt, durchlöchert und mit Stroh oder Strohmatten bedeckt ist, feuchtet sie an und stampft sie fest ein. Dann laugt man Anfangs mit kaltem, dann mit heißem Fluß- oder Regenwasser aus, bis alle löslichen Theile ausgezogen und die Asche erschöpft ist, bis das durch einen über dem unteren Boden angebrachten Hahn abfließende Wasser nicht mehr salzig schmeckt. Man stellt die Laugefässer terrassenartig übereinander, so daß man die schwache Lauge des oberen auf ein unteres Faß zapft, bis die Lauge gehörig concentrirt, siedewürdig geworden ist und wenigstens 20% Pottasche nach dem Aräometer enthält. Die Lauge wird nun in flachen Gefäßen unter öfterem Umrühren der Luft ausgesetzt, um das mit aufgelöste kiesel-saure Kali zu bestimmen, Kohlensäure aus der Luft aufzunehmen und Kiesel-säure dagegen abzusetzen.

Auslaugen  
der Asche.

Die ausgelaugte Asche dient als Dünger für lehmigen Boden, feuchte Wiesen und wird auch an die Glashütten zur Darstellung des grünen und schwarzen Glases verkauft. Man kann aber auch das in der ausgelaugten Asche zurückgebliebene Kali, welches darin mit der Kiesel-säure und Thonerde eine unlösliche Verbindung bildet, gewinnen, wenn man die ausgelaugte Asche längere Zeit in Haufen mit Zusatz von gebranntem Kalk liegen läßt, welcher die unlösliche Verbindung zerlegt. Man erhält dann durch Auslaugen eine Flüssigkeit, die oft reicher an Alkali ist, als die zuerst erhaltene Lauge.

Die siedewürdige Lauge bringt man in eiserne Vordärm- und Siedepfannen und dampft ab, während stets die verdunstete Flüssigkeit durch neue Lauge aus einer Tropfbütte ersetzt wird. Hat aber die Lauge die Syrupdicke erreicht, so läßt man keine neue mehr zu, sondern dampft unter Umrühren zur Trockne ein, bis man endlich nicht mehr umrühren kann, entfernt das Feuer und schlägt nach dem Erkalten die Pottasche heraus. Das Produkt heißt rohe Pottasche oder Pottaschenfluß, es bildet eine an der Luft zerfließliche Masse von mehr oder weniger grauer, bräunlicher, dunkelbrauner, auch oft beinahe schwarzer Farbe, welche durch die in der Asche enthaltenen unvollständig verbrannten organischen Theile verursacht wird, die beim Auslaugen mit aufgelöst wurden. Die rohe Pottasche wird als solche nicht in den Handel gebracht, wohl aber in Glashütten und Salpetersiedereien gebraucht.

Einsieden der  
Aschenlauge.

Um die Pottasche in einen Handelsartikel umzuschaffen, wird sie calcinirt, um den braunfärbenden Extraktivstoff vollständig zu verbrennen und um sie von dem noch anhängenden Wasser zu befreien. Das Calciniren geschah ehemals in eisernen Töpfen, Potten, woher auch der Name Pottasche, jetzt aber in eigenen Calciniröfen (Flammöfen), deren Herd

Calciniren  
der Pottasche.

10 bis 12 Fuß lang und 4 bis 5 Fuß breit ist. Fig. 121 und im Durchschnitt Fig. 122 nach der Linie *ab* des Grundrisses Fig. 123 ist ein Calcinirofen, der von zwei Seiten *cc* geheizt wird, mit dem Calciniherd *f* in der Mitte. Fig. 124 stellt einen Calcinirofen neuerer Construction im Längenschnitt dar.

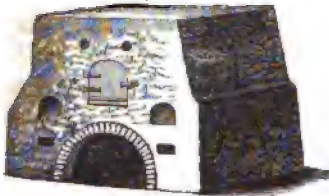


Fig. 123.

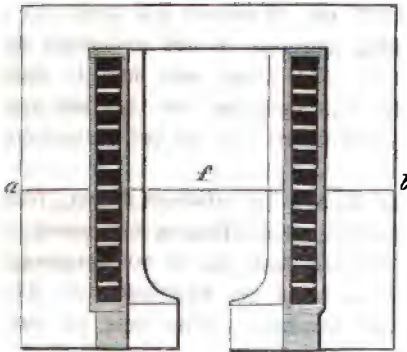


Fig. 124.

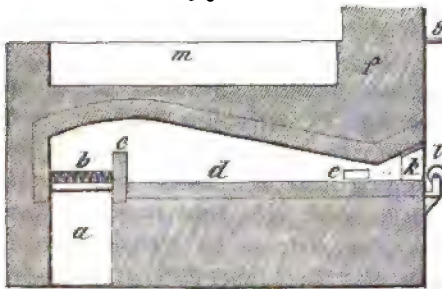
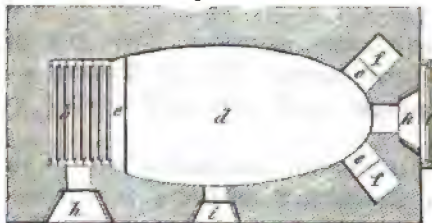


Fig. 125.



profil vor, wo nur von einer Seite geheizt wird, Fig. 125 im Grundriss, *a* ist der Aschensack, *b* die Koffstabe, *c* die Feuerbrücke, eine Mauer, welche das Brennmaterial von der Pottasche trennt, *d* der Herd zur Aufnahme der Pottasche, *ee* Füchse (Abzugskanäle für den Rauch), welche zu zwei Rauchröhren *ff* führen, die sich weiter oben in eine Esse vereinigen, *g* Schieber zur Regulirung des Zugs, *h* Heizthür, *i* Thüre zum Einbringen der Pottasche, *k* Thüre zum Umrühren der Pottasche, *l* Rolle zum Auflager des Hafens bei dieser Operation, *m* Raum über dem Ofen, welcher zum Abdampfen der Pottasche *n*. benutzt werden kann. Man setzt bei der angegebenen Größe des Ofens 4 bis 500 Pfund ein, verstärkt das Feuer allmählig, arbeitet die Masse mit einem eisernen Hafen durch, bis keine kohligten Ueberbleibsel mehr zu bemerken sind und das Ganze dickflüssig geworden ist.

Durchs Calciniren verliert die rohe Pottasche 20 bis 25 % am Gewicht durch Verbrennen der organischen Theile, Verlust von Wasser und

etwas Kohlensäure, wodurch ein Theil Kali ägend wird. Die in der rohen Pottasche als kohlensaure Salze enthaltenen Metalloryde oxydiren sich höher und färben die Masse. Bei zu großer Hitze wird selbst etwas Kali verflüchtigt. Nach 18 bis 24 Stunden, wenn die Masse nicht mehr raucht und ihre dunkle Farbe in eine weiße oder hellblaue verändert hat, ist die Operation beendigt, die Pottasche wird hierauf nach dem Erkalten in Fässer gepackt.

Die Pottasche bildet eine feste Masse, entweder von weißer, oder vermöge eines kleinen Gehaltes von Mangan schwach bläulicher Farbe (Perl- asche), oder mit bläulichen und grünlichen Flecken von mangansaurem Kali, wie die Danziger und russische Pottasche, theils röthlichgefärbt von Eisenoryd und einem kleinen Antheil Schwefelkalkum, wie die nordameri- kanische Pottasche. Sie muß trocken, in größeren Stücken und in gut gebundenen Fässern verpackt sein. Die Farbe ist kein sicheres Kennzeichen der Güte, sondern mehr zufällig von Örtlichkeit, Klima und Boden, worauf die Hölzer wachsen, abhängig, theils von der stärkeren oder schwächeren Calcination.

Eigenschaften  
der Pottasche.

Die Pottasche besteht außer dem kohlensauren Kali auch aus allen übrigen löslichen Bestandtheilen der Asche, sie enthält daher schwefelsaures Kali, Chlorkalium, mangansaures Kali, auch noch etwas Kieselsäure, Thon- erde, Eisenoryd und kohlensaure Kalkerde. Bley fand eine sehr kalireiche ihyrische Pottasche zusammengesetzt aus:

kohlensaures Kali . .	76,0000
schwefelsaures Kali . .	6,7283
Chlorkalium	
phosphorsaures Kali } .	0,2707
kohlensaurer Kalk }	
Kieselsäure . . . .	1,0000
Feuchtigkeit . . . .	16,0000
	<hr/> 100,0000

Um die Pottasche auf ihre Güte, d. h. auf die geringere oder grö- ßere Menge der angegebenen Beimengungen, oder auf ihren Gehalt an rei- nem kohlensauren Kali zu prüfen, untersucht man, wie viel

Prüfung des  
Gehaltes der  
Pottasche mit  
dem Alkali-  
meter von  
Descroizilles.

Fig. 126.



die von den in Wasser unlöslichen Beimengungen abfiltrirte Auflösung Schwefelsäure zur Sättigung erfordert. Man be- nutzt hierzu das Alkalimeter von Descroizilles. Dasselbe be- steht aus einer 8 bis 9 Zoll langen, 7—8 Linien weiten, möglichst cylindrischen gläsernen Röhre, die am oberen Ende in eine Schnauze endigt. Der Fuß kann von Glas, Holz oder Blei sein, der Cylinder ist in 100 gleiche Raumtheile getheilt.

Man löst 100 Gewichtstheile der zu prüfenden Pott- asche in reinem Wasser auf und filtrirt dieselbe. Man berei- tet sich ferner eine Probefäure aus 104 Gewichtstheilen con- centrirter Schwefelsäure von 1,84 specifischem Gewichte bei + 15° C., die man in den Glascylinder gießt und mit Wasser



bis zum letzten Theil verdünnt<sup>1)</sup>. Man kann sich die Mischung vorräthig machen, muß sie aber in verschlossenen Gläsern aufbewahren.

Man schüttet nun von der Probefäure zu der mit wenigen Tropfen Lackmustrinctur blaugefärbten Pottaschenauflösung unter fleißigem Umrühren, und wenn das Aufbrausen schwächer wird, nur tropfenweise, bis die blaue Farbe in die rothe übergeht, violett wird. Da aber die in der Flüssigkeit bei gewöhnlicher Temperatur zurückbleibende Kohlensäure die Flüssigkeit schon roth färbt, ehe noch alles Alkali gesättigt ist, indem das bei der Sättigung gebildete doppeltkohlensaure Kali ohnedies nur schwach alkalisch reagirt, so erwärmt man die Pottaschenlösung zuvor. Die Anzahl der verbrauchten Säureräumtheile gibt den an Kohlensäure und an Kieselsäure gebundenen Kaligehalt der Asche in Gewichtsprocenten, da zur Sättigung von 100 Gewichtstheilen reinen Kalis 104 Gewichtstheile Schwefelsäurehydrat erforderlich sind. Aus dem hierbei erhaltenen Gehalt der Pottasche an Ätkali berechnet sich auch leicht der an kohlensaurem Kali, denn 100 Theile Ätkali entsprechen 148 kohlensaurem Kali. Letzteres ist aber für die Praxis unnöthig, da hier unter dem procentigen Gehalte der Pottasche immer der an ägendem Kali verstanden wird.

Descroizilles, D'Arcet und Blachette haben bei ihren Versuchen mit diesem Alkalimeter folgende Resultate erhalten:

Amerikanische Perlasche 1. Sorte . . . . .	60 bis 63°
„ ägende Pottasche 1. Sorte in röthlichen Stücken . . . . .	60 bis 63°
Amerikanische Perlasche 2. Sorte . . . . .	50 bis 55°
„ ägende Pottasche in grauweißen Stücken . . . . .	50 bis 55°
Weisse russische Pottasche . . . . .	52 bis 58°
„ Danziger „ . . . . .	45 bis 52°
Blaue „ „ . . . . .	45 bis 52°
Asche von frischem Holz . . . . .	8 1/2°
„ „ Flößholz . . . . .	4 1/2°
Kassubenasche . . . . .	18 bis 20°

Alkalimetrie  
von Bill und  
Priesenius.

Eine andere Methode der Prüfung des Pottaschengehaltes besteht darin, daß man aus dem Gewichte des Verlustes an Kohlensäure, welchen die wie oben bereitete Auflösung von 100 Gran Pottasche erleidet, wenn sie mit einer anderen Säure (Schwefelsäure oder Salzsäure) gesättigt wird, den Gehalt der Pottasche an ägendem oder an kohlensaurem Kali berechnet.

Man wiegt in ein geräumiges Becherglas 3 bis 4 Loth reine verdünnte Salzsäure, stellt dieses Glas nebst einem ähnlichen mit der Pottaschenauflösung zusammen auf eine Waagschale, bringt die Wage ins Gleichgewicht, gießt dann so lange von der Säure der Pottaschenauflösung langsam zu, bis die Säure etwas vorkaltet, und wiegt dann wieder. 22 Gran

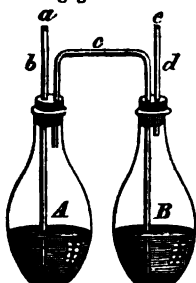
1) Ein solcher vom Mechaniker Schüle in Pforzheim bezogener Alkalimeter hielt bis an den obersten mit 0° bezeichneten Strich 1 1/2 Unze und 78 Gran destillirtes Wasser bei einer Weite von 1/4 Zoll bayrisch und einer Höhe von 11 Zoll bis an den Rand und 9 1/2 Zoll bis an den obersten Strich.

Kohlensäure entsprechen 47 Granen Kali. Diese Methode ist weit leichter und schneller auszuführen, als die vorige und gibt auch nicht wie jene das kiesel-saure Kali als kohlensaures an.

Ein ganz genaues Resultat erhält man mittelst dieser Methode nach der Verbesserung von Fresenius und Will, wobei jeder Verlust an Flüssigkeit verhütet wird, welchen die Entwicklung der Kohlensäure in offenen Gefäßen mit sich bringt. Sie benutzen dazu bestehenden Apparat: Die

Prüfung der Pottasche nach Fresenius u. Will.

Fig. 127.



Flaschen A und B, welche weite Öffnungen haben und 4 bis 5 Loth Wasser fassen, sind mittelst durchbohrter Korken durch die heberförmige Röhre c verbunden, welche in A gleich unter dem Kork endigt, in B aber fast bis auf den Boden reicht. Ebenso tief geht die offene Röhre ab in A, dieselbe ed in B nur bis unter den Kork. Die Mündung a wird mit einer Wachskugel oder einem Kork verschlossen.

Man erhitzt 10 Gramme Pottasche in einem mit Deckel versehenen Eisenblechschälchen, bis ein darüber gehaltenes Glas nicht mehr anläuft. Der Gewichtsverlust in Decigrammen gibt die Wasserprocente. Hierauf löst man von der entwässerten Pottasche 6,29 Gramme ab, löst sie auf, filtrirt und bringt die Auflösung mit so viel Wasser in A, daß dies davon etwa halb voll wird, B füllt man zur Hälfte mit Schwefelsäure, stellt den Apparat zusammen und tarirt ihn auf der Wage.

Nun saugt man ein wenig Luft durch e aus, so daß auch aus A Luft heraustritt. Beim Aufhören des Saugens bleibt dann die Luft in A verdünnt, weil a verschlossen ist, während bei e wieder Luft eindringt und etwas Schwefelsäure in die Flasche A treibt. Hört das Aufbrausen in A auf, so wiederholt man das Luftausaugen und zwar so oft, bis alle Kohlensäure entwickelt ist. Das Gas muß seinen Weg durch die Schwefelsäure in B nehmen, welche ihm alles Wasser entzieht. Man öffnet dann a und zieht so lange Luft durch den Apparat, bis alle Kohlensäure heraus ist. Man wiegt hierauf wieder. Der Gewichtsverlust in Centigrammen, dividirt durch 2, gibt unmittelbar die Procente wasserfreien kohlensauren Kalis in der wasserfreien Pottasche.

Zur Prüfung der Soda kann der Apparat gleichfalls benutzt werden. Man wendet 4,84 Gr. entwässerte Soda an.

Der Apparat kann auch angewendet werden, um die Stärke einer Säure zu bestimmen, d. h. zu ermitteln, wie viel z. B. wasserfreie Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure oder Essigsäure in der zu prüfenden Säure enthalten ist. Man wiegt die Säure in der Flasche A ab und nimmt dazu von der Schwefelsäure 0,911, von der Salpetersäure 1,23, Salzsäure 0,83, Essigsäure 1,16 Gramme, oder je nach der Verdünnung ein beliebig hohes Multiplum dieser Zahlen, z. B. beim Essig das 60—100fache, setzt noch Wasser zu, bis die Flasche  $\frac{1}{3}$  voll ist, bringt dann 4—5 Gramme reines krystallisiertes doppeltkohlensaures Natron in ein

Arzelmetrie.

unten zugeschmolzenes Glasröhrchen, welches man mittelst eines Seidenfadens in A aufhängt, indem man das Ende des Fadens mit dem Kork festklemmt; füllt dann B wie gewöhnlich mit Schwefelsäure und tarirt den Apparat. Hierauf öffnet man den Kork von A, damit das Röhrchen mit dem doppeltkohlensauren Natron in die Flüssigkeit fällt. Die Schwefelsäure in B dient hier nur, um die Feuchtigkeit der Kohlensäure zurückzuhalten. Wenn keine Kohlensäure mehr entweicht, entfernt man den Rest derselben durch Erwärmen von A in einem Wasserbade von 50 bis 55° C., saugt dann aus und wiegt wie oben. Der Gewichtsverlust in Centigrammen, dividirt durch die Zahl, womit man die oben für jede Säure angegebene Normalquantität multiplicirt hatte, gibt direct die Procente der wasserfreien Säure<sup>1)</sup>.

Verfälschung  
der Pottasche  
mit Soda.

Die Pottasche unterliegt mannfaltigen Verunreinigungen, z. B. mit Kieselpulver, schwefelsaurem Kali und Natron, Kochsalz etc. Am häufigsten kommt aber jetzt die Verfälschung derselben mit Soda vor. Man hat sie daher auch, wenn Varec (Soda aus Seegewächsen) dazu genommen worden war, jobhaltig gefunden<sup>2)</sup>.

Das empfindlichste Reagens auf Natron ist zwar das neutrale ammonsaure Kali. Wenn man aber dieses nicht zur Hand hat, so benutzt man nach Rober am besten die Schwerlöslichkeit des oxalsauren Natrons zur Entdeckung dieser Verfälschung. Man sättigt die Pottasche trocken mit concentrirter Essigsäure und versetzt dann diese Auflösung mit einer Lösung von so viel Oxalsäure, als es Pottasche war. 4—5 Procent Sodazusatz können so noch als körniger Niederschlag von oxalsaurem Natron erkannt werden.

Über die quantitative Bestimmung des Natrons in der Pottasche mittelst eines eigens hierzu eingerichteten Aräometers (Natrometer), welche sich auf die Dichtigkeitszunahme einer gesättigten Lösung von reinem schwefelsauren Kali durch Zusatz von schwefelsaurem Natron begründet, da nämlich schwefelsaures Kali bei Gegenwart von schwefelsaurem Natron viel leichter löslich ist, vgl. Dingler's polytechn. Journal. Bd. 99. 1846. S. 125.

Es ist kaum zu erinnern nöthig, daß die Pottasche aus natronhaltiger Asche (vgl. S. 390) auch ohne Verfälschung natronhaltig sein kann.

Anwendung  
der Pottasche.

Die häufige Anwendung der Pottasche in der Chemie und Pharmacie, Glasfabrikation, Färberei, Farbfabrikation, zum Waschen etc. ist bekannt.

1) Vgl. Neue Verfahrungsweisen zu Prüfung der Soda, der Aschen, der Säuren und des Braunksteins von Dr. R. Fresenius und Dr. F. Will. Heidelberg 1843. 8. — Über die verschiedenen alkalimetrischen Verfahren vgl. Dingler's polytechn. Journal. Bd. 38. S. 384 von Penot und Bd. 87; Gewerbeblatt für Sachsen. 1842. S. 610; Buchner's Repertorium für Pharmacie. II. Reihe. 17. Bd. 1839. von Hönle etc.

2) Vgl. Lebreton in Buchner's Repertorium. Bd. 25. 1827. S. 106 und Preuß in den Annalen der Pharmacie. Bd. 34. S. 239.

**Bearbeitung einiger zuckerhaltigen Pflanzenäfte.**

Die Benutzung der zuckerhaltigen Äfte verschiedener Waldgewächse wirft nur selten einen erheblichen Gewinn ab. Man stellt entweder aus diesen Äften den Zucker selbst dar, wie aus dem Ahornsaft, oder benutzt dieselben wegen ihres Zuckergehaltes zur Darstellung gegohrener Flüssigkeiten, welche entweder als solche genossen werden, wie der Birkenwein, oder man gewinnt durch Destillation aus den gegohrenen Flüssigkeiten Branntwein, wie aus verschiedenen Waldfrüchten, oder man verwendet dieselben zu Essig.

Man hat besonders in Nordamerika (Louisiana) im vorigen Jahrhundert angefangen, aus dem Saft des Zuckerahornes, *Acer saccharinum*, des Silberahorns, *Acer dasycarpum* und des rothblühenden Ahorns, *Acer rubrum*, Zucker zu gewinnen, ebenso in Deutschland und anderen Ländern aus dem Spizahorn, *Acer platanoides*, dem gemeinen Ahorn, *Acer Pseudo-platanus* und dem Feldahorn, *Acer campestre*. Auch der gestreifte, pennsylvanische, eschenblättrige, französische und tatarische Ahorn, *Acer pennsylvanicum striatum*, *A. pennsylv. montanum*, *A. Negundo*, *A. monspessulanum* und *A. tataricum*, sind ergiebig an Zucker.

Gewinnung  
des  
Ahornzuckers.

Man bohrt die Bäume im Februar, Anfangs März 2 bis 3 Fuß hoch vom Boden an mehreren Stellen schräg aufwärts mit einem  $\frac{1}{4}$  Zoll dicken Bohrer Anfangs etwa  $\frac{1}{4}$ , dann  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Zoll tief an, so daß der Splint ganz durchbohrt ist, steckt in die  $\frac{1}{2}$  Zoll weiten Bohrlöcher  $\frac{1}{2}$  bis 1 Fuß lange Stückchen Rohr oder Holz (Schilf oder Hollunder) etwa  $\frac{1}{2}$  Zoll tief ein, die den Saft in untergelegte Gefäße leiten, und verschmiert den Zwischenraum zwischen der Mündung des Bohrloches und der Röhre mit Lehm. Je höher oben der Stamm angebohrt wird, um so zuckerhaltiger wird der Saft, aber um so mehr leidet auch der Baum dadurch. Auch von alten Bäumen ist er süßer, als von jungen, aber auch der Menge nach geringer.

Der Ausfluß des Saftes dauert für jeden Stamm 5 Tage, im Ganzen bis Mitte März, wo sich die Blätter entwickeln. Die Wunde vernarbt und man will von der Operation selbst bei 30 jähriger, jährlicher Wiederholung nicht den geringsten Nachtheil für die Bäume wahrgenommen haben, wenn sie nur mit dem Bohrer angezapft werden, wogegen sie das Anzapfen mit der Art in wenig Jahren verderben soll. Auch darf nicht mehr als ein Loch in den Baum gebohrt werden, wenn er nicht im nächsten Jahre ausgehen soll. Von mittelgroßen Bäumen erhält man in 24 Stunden ungefähr 8 Liter Saft. Nach anderen Angaben liefert ein Baum in Amerika im Ganzen 30 — 100 Quart, woraus man 2—8 Pfund Zucker erhält.

Der gewonnene Saft ist klar, fast wasserhell, von 1,003 bis 1,005 specifischem Gewichte, je nach der Art des Baumes, so wie nach Bitterung und Klima, besonders von dem langsamen Übergange des Winters in den

Frühling abhängig. Er darf nicht über 24 Stunden aufbewahrt werden, weil er sonst gährt.

Man hängt in Amerika mitten im Ahorngehölz (Zuckerbusch) drei große eiserne Kessel an Stangen über ein lebhaftes Feuer auf, oder setzt ebenso viele große flache Pfannen aus Eisenblech auf steinerne Herde. In den größten Kessel gießt man den Saft. Ist er auf ein Drittel eingekocht, so kommt er in den kleineren. Wenn er Syrupdicke hat, wird er durch ein wollenes Tuch von Spänen und anderen Unreinigkeiten abgeseiht, und dann im dritten, kleinsten Kessel nochmals gekocht, wo man mit einer Kelle den Schaum abschöpft. Ist der Saft im letzten Kessel so weit eingekocht, daß eine herausgenommene Probe erhärtet, so gießt man ihn in steinerne oder blecherne, zuvor mit Wasser angefeuchtete Gefäße aus, wo er erstarrt. Das Überwallen des Syrops verhütet man, indem man den Kessel etwas vom Feuer entfernt, oder ein Stückchen Speck hineinwirft. War der Syrup nicht stark genug abgedampft, so tropft nach einiger Zeit Syrup von den Zuckerstücken ab. Man bewahrt sie daher so auf, daß die abtropfende Flüssigkeit in ein untergelegtes Gefäß fällt. Der Schaum wird auf Essig benutzt. In Nordamerika, z. B. in Canada und Pennsylvanien, benutzt man, wenn es kalt genug ist, den Frost zur Concentration des Saftes. Man erhält dadurch mehr und besseren Zucker als durch das Versieden, weil sich hier kein Schleimzucker bildet (vgl. S. 315).

Es ist gelungen, ihn wie den Rohr- und Rübenzucker zu raffiniren und einen sehr schönen Mehlsucker daraus zu bereiten, den man in Amerika zu 9 Sous das Pfund verkauft.

Hermbsstädt erhielt aus dem Quart Saft  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Loth Zucker, je nach der Species der Ahornbäume, also  $\frac{1}{45,14}$  bis  $\frac{1}{39,38}$ . Nach Rusch geben 40 Pfund Saft vom Zuckerahorn in Nordamerika 1 Pfund Zucker. Ein Baum liefert durchschnittlich 5 bis 6 Pfund. Nach den in Osterreich angestellten Versuchen erhielt man von 80 Pfund Saft 1 Pfund Zucker, auch wohl noch mehr. Nach 1834 in Gießen angestellten Versuchen gab der *Acer saccharinum* 2,89%, *A. campestre* 2,5, *A. rubr.* 2,5, *A. dasycarp.* 1,9, *A. Negundo* 1,12, *A. platanoides* 1,1, *A. Pseudo-platanus* 0,9%% Zucker. In Kaschau in Ungarn lieferten 1816 200 Bäume 75 Pfund sehr schönen Rohzucker und an Syrup ein Äquivalent von 25 Pfund Rohzucker. 1837 bereiteten in Canada mehrere Landleute bis 800 Pfund Zucker. 10 Jahre später gewannen manche Farmer 2—5000 Pfund und im Jahre 1846 schlug man den Werth des in den Staaten Newhampshire und Vermont erzielten Zuckers auf mehr als eine Million Dollars an. Überhaupt nimmt dort diese Art der Zuckerproduktion fortwährend zu; in der einzigen Grafschaft Rimouski wurden 18000 Pfund Zucker erzeugt und die jährliche Zuckerproduktion aus Ahornsafte soll in Nordamerika 7 bis 12 Millionen Pfund betragen. Der Syrup, Sirop de Canada, hat einen angenehmen Geschmack. Der Ahornzucker kommt gewöhnlich nicht in den allgemeinen Handel, sondern wird im Lande selbst consumirt.

Im Caucasus, wo der Walnußbaum vorzüglich gedeiht, gewinnt man aus dessen Saft auf ähnliche Weise Zucker. Man bohrt den Baum an, verstopft dann die Öffnung mit einem Stöpsel und läßt denselben einige Zeit darin. Wird derselbe herausgezogen, so fließt ein heller süßer Saft aus, den man aufkocht und zuweilen auch raffinirt. Er wird von den Circassiern als Mittel gegen Lungenkrankheiten und allgemeine Schwäche gerühmt.

Die Darstellung des Zuckers aus Baumsäften ist übrigens eine so langwierige Arbeit und erfordert so hohen Arbeitslohn, daß er so theuer als der Rohrzucker kommt.

Ein anderer Baumsaft, welcher eine technische Verwendung gefunden hat, ist der Birken-saft oder das Birkenwasser, welches man wie den Ahornsafft sammelt. Ein mittlerer Birkenbaum liefert nach Geiseler mindestens 8 Quart Saft und kann bei gehöriger Vorsicht viele Jahre nach einander abgezapft werden. Nach Brandes wäre dagegen die Ergiebigkeit der Bäume so verschieden, daß sich kaum ein mittleres Maß feststellen lässe.

Der von Geiseler untersuchte Saft hatte ein specifisches Gewicht von 1,050 (bei 17,5° C.), war gelblichtrüb, wurde jedoch durch Filtriren wasserhell und hatte dann ein specifisches Gewicht von 1,040. Brandes dagegen fand ihn sogleich farblos, wasserhell und geruchlos, wenig süßlich schmeckend, von schwach saurer Reaction. Er trübte sich erst nach einiger Zeit weißlich und hatte 4 Tage nach der Gewinnung 0,980 specifisches Gewicht. 20 Unzen Saft enthielten 41,1 Gran fester Bestandtheile, nämlich Zucker, Gummi, Extraktivstoff, Eiweißstoff, Chlorkalium, saures weinsaures Kali und etwas schwefelsauren Kalk. Er ist sehr geneigt sauer zu werden und muß daher bald verarbeitet werden.

Der Birken-saft wird, da er keinen gemeinen, sondern Krümelzucker enthält, nicht auf Zucker, sondern bloß zur Darstellung eines champagnerartigen Weins, muffrendes Birkenwasser oder Birktwein benutzt. Man kocht ihn auf, um ihn von der zu großen Menge stickstoffhaltiger Substanz (Eiweiß) zu befreien, weil er sonst leicht sauer würde, und bringt ihn in Gährung, was man früher durch Zusatz von Traubenmist bewirkte; jetzt nimmt man dafür Hefe oder Rosinen und bewahrt die Flüssigkeit, sobald sie zu schäumen anfängt, in luftdicht verschlossenen starken (Champagner-) Flaschen. Man bereitet diesen Schaumwein an verschiedenen Orten, so z. B. am Fuße des Harzes in Queblinburg<sup>1)</sup>.

Man gibt dem Birktwein oft noch andertweitige Zusätze und kann ihn auch leicht künstlich nachahmen. Dley gibt hierzu folgende Vorschrift:

Man bringt einen Anker weiches Wasser mit 12 Pfund Putzucker und etwas Eiweiß zum Sieden, schäumt ab, bringt die durchgeseigte Flüssigkeit auf ein reines Antersaß, aus dem man einen Boden genommen hat, läßt dieselbe zur Milchwärme erkalten, setzt 12 Stück von den Kernen befreite Citronen zu, oder statt deren  $\frac{1}{2}$  Unze Citronensäure mit etwas Zucker

Walnuß-  
zucker.

Darstellung  
des  
Birktweins.

Künstlicher  
Birktwein.

1) Über die Bereitung des Birktweins in Rief- und Esthland vgl. Petri in Dingler's polytechn. Journal. Bd. 7. S. 484.

und Citronenöl, ferner 2 Overtassen Weißbierhefe, bedeckt mit einem Luch, schäumt täglich gut ab, zieht die Flüssigkeit nach 5—6 Tagen auf ein reines Weinfäß, setzt auf einen Anker 10 bis 12 Flaschen rothen oder weißen Wein zu, verspundet locker und füllt das Faß fleißig mit gekochtem Zuckerrwasser nach. Die Nachgährung läßt man 2—3 Wochen dauern, klärt dann mit Hausenblase und zieht auf Flaschen, die man überbindet, verpicht und aufrecht in den Keller stellt. Nach 4—5 Wochen ist das Getränk müssirend. Die ganze Behandlung muß in sehr reinen Gefäßen geschehen, weil sonst der Wein leicht umschlägt.

Bachholder-  
beerenwein.

Auch die Bachholderbeeren werden bisweilen zur Darstellung von Weinen benutzt. Das Journal des connaissances usuelles Déc. 1834. gibt hierzu S. 311—12 folgende Vorschrift: Man mengt 100 Pfund gequetschte reife Bachholderbeeren mit ebensoviel Cassonade (Farinucker) oder Honig, 1 oder 2 Pfund Sauerteig von Roggenmehl und etwa 100 Pinten (etwa 89 bayrische Maß, oder 81 preussische Quart) heißem Wasser, setzt etwas gestoßenen Koriandersamen oder einige Angelicastengel dazu, bringt das Gemeng in ein Faß ohne Boden oder in einen großen Kübel, rührt einige Minuten um, schließt das Gefäß vollkommen mit Brettern, bedeckt es völlig mit angefeuchteter Asche und gibt dem Zimmer eine Temperatur von etwa 30° C. Bald wird die Gährung eintreten. Ist sie vorüber, so läßt man in einer Temperatur von nicht über 15—18° C. nachgähren, zieht dann die Flüssigkeit auf Fäßchen, die man sorgfältig gefüllt und wohl verstopft in den Keller legt, bis man den Wein auf Flaschen ziehen will. Nach einjährigem Abliegen in Flaschen ist er sehr angenehm zu trinken. Andere kochen die Bachholderbeeren eine halbe Stunde in Wasser und fügen dann der geklärten Abkochung die gährenden Substanzen zu, bisweilen auch etwas Brantwein<sup>1)</sup>.

Brantwein  
aus  
Baldfrüchten

Zur Gewinnung von Brantwein werden, wiewohl auch ziemlich selten, die verschiedenen stärke- und zuckerhaltigen Baldfrüchte, wie die Eichen, Roskastanien, wilden Kirschen, Birnen, Holzäpfel, Vogelbeeren, Heidelbeeren, Himbeeren, Hollunder-, Attich- und Bachholderbeeren<sup>2)</sup> benutzt, wenn sie nicht vortheilhafter als solche zu verwertzen sind.

Heidelbeeren-  
brantwein.

Am vortheilhaftesten möchten sich die Heidelbeeren hierzu eignen, wo sie in Gebirgsgegenden vorkommen, weil man sie noch am ersten in hinlänglicher Menge an einem Orte antrifft und dieselben einen weiten Transport nicht vertragen. Er ist besonders in Schwaben und am Oberrhein sehr beliebt wegen des angenehmen Aromas, das er nach einigem Ablagen annimmt. Naber gibt zur Verwendung der Heidelbeeren zu Brantwein folgende Anleitung:

Zur Erleichterung des Einsammelns hat man dazu ein eigenes Instrument erfunden. Es ist aus Weißblech, oft auch aus Holz verfertigt.

1) Pharm. Centralblatt. 1835. S. 157. — über Bachholderbier vgl. Dingler's polytechn. Journal. 64. S. 240.

2) Bal. Dingler's polytechn. Journal. 19. S. 506.

und bildet einen Kamm (Kamm), welcher im Ganzen 8—9 Zoll lang und 4—5" breit ist. Er ist an einer schmalen Seite in 2" lange Zinken eingeschnitten, welche, um die erforderliche Stärke zu erlangen, mit doppeltem Blech unterlegt und an ihren Seiten eingemietet sind. Jede Zinke ist für sich  $\frac{1}{4}$ " breit und zwischen zweien ist die Zwischenöffnung auch  $\frac{1}{4}$ " gleich. An den beiden längeren Seiten sind Seitenblätter angebracht, welche an den Zinken spitz, nach der entgegengesetzten Seite aber bis auf zwei Zoll Höhe anlaufen und an der den Zinken entgegengesetzten schmalen Seite durch eine dritte Blechseite eingeschlossen sind. Der Kamm erhält hierdurch eine von drei Seitenflächen eingeschlossene concave Form.

Beim Gebrauche wird derselbe in die flache Hand genommen und mit dem Daumen an der schmalen Blechwand, wo gewöhnlich ein Loch, Knoch oder Haken angebracht ist, festgehalten. Hiermit faßt man die Heidelbeerstauden und streift die Beeren von Unten nach Oben ab. Die mit abgestreiften Blättern werden mit dem Runde weggeblasen und die gereinigten Heidelbeeren in einen angehängten Korb geschüttet.

Ein Mann, welcher mit der bloßen Hand 2 Simmern des Tages bricht, streift mit dem Kamm in derselben Zeit 4—5 Simmern ab.

Die gesammelten Beeren werden in Bütten zerstampft (ungestampft schimmeln und verderben sie), und in größere Fässer wie Trebern oder Zwetschen eingeschlagen, wobei man für die Gasentwicklung kleine Öffnungen läßt, bei großen Öffnungen tritt leicht Essiggährung ein. Der bayrische Eimer gibt durchschnittlich 10—12 Maß Branntwein von 18—19° Bech, was ganz mit den Angaben des bayrischen Kunst- und Gewerbeblattes von 1829. S. 117 übereinstimmt.

Aus den angestellten Versuchen ergeben sich folgende Sätze:

1) Am geeignetsten zum Branntwein sind die im Juli bis zur ersten Hälfte September gesammelten Beeren, und in dieser Zeit wieder die in der stärksten Sommerwärme und in sonnigen Lagen gereiften.

2) Sie werden wie die Trauben mit Mostern gequetscht.

3) Den Zusatz eines Ferments fand man unnöthig, da derselbe das Resultat nicht änderte.

4) An den Gährungsfässern bleibt nur in den ersten Tagen der Gährung das Thürchen offen, später nur ein Spundloch, welches in der Folge ebenfalls zugeschlagen wird, und das Faß bleibt dann noch bis zum Brennen, was man am ergiebigsten 6 Wochen nach vollendeter Gährung vornimmt, in einer Halle oder Scheune stehen. Längere Aufbewahrung erscheint nicht vortheilhaft.

5) Beim Brennen der Maische wird kein Wasser zugesetzt.

6) Die erhaltene Läuterung (per Dhm ca. 20 Maß) wird je nach dem Gange der Destillation meist einer Rectification unterworfen<sup>1)</sup>.

Die Eicheln und Roskastanien werden auf einer Schrotmühle von den Schalen befreit, dann geschrotet und wie Getreide eingemaischt.

1) Forst- und Jagdzeitung. 1829. S. 432.



100 Pfund trockene Eiheln geben 15 Quart, und 1 Berliner Scheffel Kastanien 12 Quart und mehr Brantwein.

Aus den Vogelbeeren bereiten die Russen ein beliebtes Getränk, *Naliska* genannt. Der Beigeschmack des Brantweins wird durch Kohle entfernt. 1 Berliner Scheffel liefert 5—6 Quart.

Die Kirschen werden mit den Kernen zerstoßen, welche dem Brantwein (Kirschwasser) einen Bittermandelgeschmack geben. Das Kirschwasser wird besonders in der Schweiz bereitet. Auch die Früchte der Traubekirsche (*Prunus padus*) werden auf Brantwein benutzt. Aus den Zwetschken und Pflaumen bereitet man in Slavonien den bekannten *Slimowik* (Schlehen- oder Pflaumenwasser), und aus der Mahaleb-pflaume, welche in Dalmatien wild wächst, wird dort der berühmte *Marastinolikör* gebrannt. Auch die Schlehen liefern sehr guten Geist.

Holzbirnen und Äpfel werden zermalmt, mit 2 Theilen siedendem Wasser angebrüht, abgekühlt, der Gährung überlassen und destillirt. Der Brantwein hat zwar keinen Fusel, aber einen Nebengeschmack von den Schalen und Kernen.

Die Wachholderbeeren dürfen nur sanft gequetscht werden, damit die Samen ganz bleiben, weil ihm diese sonst einen allzu penetranten Geschmack erteilen. Man destillirt oder digerirt dieselben auch mit anderem Brantwein, wodurch eine Art *Natassia* entsteht.

Die Rispeln und Elsebeeren liefern gleichfalls ziemlich guten Brantwein (100 Pfund Früchte 6—7 Quart). Man läßt sie zuvor durch Lagern auf Stroh teigig werden, zerquetscht, brüht sie mit heißem Wasser und überläßt sie der Gährung. Eine kleinere Ausbeute liefern die Früchte von *Crataegus aria*, *C. oxyacantha*, *C. monogyna* und *Sorbus domestica*.

Essig aus  
Waldfrüchten

Auch Essig wird zuweilen, z. B. bei Mangel an Transportmitteln oder an Destillirapparaten zur Darstellung von Brantwein, aus Waldfrüchten, wie Heidelbeeren, Brombeeren u. dargestellt (über die Bereitung desselben s. S. 364) <sup>1)</sup>.

#### Eibereitung aus den Samen der Waldgewächse.

Benutzung  
der eihaltigen  
Samen.

Die Bereitung von fetten Ölen aus Baumfrüchten bildet oft einen nicht unwichtigen Gegenstand der Forsttechnologie. Sie beschränkt sich indessen gewöhnlich auf die Bucheckern; seltener werden Haselnüsse, Lindenamen u. dazu benutzt. Die Bucheckern werden entweder in untergehaltene Tücher von den Ästen geklopft, oder man kehrt sie vom Boden zusammen

1) Vgl. auch „Die Benutzung des sibirischen Eisapfels zur Eider-, Brantwein- und Essigbereitung“ von Lampadius im Journ. f. prakt. Chemie. VI. S. 285—294, der Glieder- und Wachholderbeeren zu Essig im bayr. Kunst- und Gewerbeblatt. 1819. S. 273 u. 1824. S. 232, der Eiheln und Kastanien zu Essig in den Jahrbüchern des polytechn. Instituts in Wien. 15. S. 251.

und reinigt sie durch Siebe vom größten Laub- und Holzwert; oder man lieft sie vom Boden einzeln zusammen. Vor dem Schlagen des Öls aus den Bucheckern müssen dieselben noch sorgfältig ausgelesen und dann auf einem Zimmerofen oder im Backofen getrocknet werden.

Die Bucheckern liefern vom preussischen Scheffel 7,4 Pfund oder 12 Gewichtsprocente klares und 3,7 Pfund oder 5% trübes Öl, Haselnüsse gegen 60% Öl<sup>1)</sup>, enthülste Lindensamen 48%, Wausamen (*Reseda luteola*) vom Scheffel 20—21 Pfund oder 30%, Distelsamen (*Onopordon Acanthium*) 25%, Rothtannen- (*Pinus Abies* L.) und Fichtensamen (*Pinus sylvestris*) 24%, Hartriegelkerne (*Cornus sanguinea*) gegen 17% Öl.

Das Buchecker- und Haselnußöl werden als Speiseöl, die übrigen, so wie das aus Spinzelbaumamen (*Evonymus europaeus*) als Brennöl und das Rothtannenöl auch zur Firnißbereitung benutzt. Anwendung  
des Öls.

Braun (in Darmstadt) hat eine Maschine zum Schälen des Rapses eingerichtet, wodurch man daraus ein zu Speisen brauchbares Öl erhält, weil die riechenden Theile in der Hülle sind. Auf solche Weise lassen sich wahrscheinlich noch manche andere Öle zum Genuß brauchbar darstellen.

Bei der gewöhnlichen Ölbereitung bleibt jedoch immer noch ein bedeutendes Quantum Öl in dem zur Ölerzeugung verwendeten Material zurück. Aus der nachstehenden von Glubed<sup>2)</sup> mitgetheilten Tabelle über die Ausbeute und Eigenschaften des Öls verschiedener Samen ergibt sich, daß die Differenz zwischen dem absoluten und relativen Ölgehalte 2—24% beträgt, d. h. daß bei manchen Samen, wie beim Ölkrettig, kaum die Hälfte des Öls gewonnen wird.

1) Nach Stidel's Versuchen liefern 5 Pfund Haselnüsse 1 Pfund Kerne, und diese 4 Loth Öl von angenehmerem Geschmack als Mandelöl, welches aber sehr schnell ranzig wird.

2) Bgl. Nr. 69 seiner Ökon. Neuigkeiten u. Verhandlungen. Prag 1816.

Benennung der Pflanzen	Gine öftr. Rege wlegt	Ölgehalt %		Spe- zi- fisches Ge- wicht bei 15° C.	Farbe des Öls	Trocknende Eigenschaf- ten des Öls	Quantität (in Grammen bei 20°C mit 100 Theil Wasser verdünnt)		
		absoluter	praktisch bestimmter				von		Verbrenntem Wasser
							Gram	Gram	
Aderhansf . . . . .	—	30	—	3,9142	hellgelb	salbenartig	—	—	—
Buchendf . . . . .	—	12 flares	7,01 Speisöl	0,9225	gelblich	—	50,0	170	340
Citronenkerne . . . . .	—	15 trübes	3,51 trübes Öl	—	—	—	—	—	—
Erdbeere . . . . .	—	25	—	—	—	—	—	—	—
Hanfame . . . . .	62	43—50	—	0,9276	grünlichgelb	trocknend	46,0	135	35
Haselnüsse . . . . .	—	25	22	0,9242	hellgelb	salbenartig	53,4	190	35
Krautrübensame . . . . .	75	60 Schübler	—	0,9141	gelbbraun	—	29,4	70	238
Kresse (Lepidium sativ.) . . . . .	—	33	—	—	—	—	42,0	137	35
Kürbiserne . . . . .	—	56—58	—	0,9231	hellgelblich-	trocknet lang-	43,7	135	35
—	—	20	—	—	braun	sam aus	—	—	—
Kiefer . . . . .	—	24 ?	—	0,9312	gelblichgrau	trocknend	47,3	160	338
Leinöl . . . . .	75	22	20	0,9347	hellgelb	—	35,7	121	312
Leinbutter . . . . .	77	30	28	0,9272	gelblich	—	34,0	101	297
Lorbeer . . . . .	—	6	—	—	—	—	—	—	—
Mandelbaum . . . . .	—	40	—	0,9180	farblos	salbenartig	52,8	183	346
Mohn (blauer) . . . . .	70	47—50 überh.	35	0,9243	blaugelb	trocknend	31,0	80	252
— (weißer) . . . . .	69	40 — 45	38	0,9243	—	—	31,0	80	254
Nüßling . . . . .	62	40 — 50	26	0,9187	gelbbraun	salbenartig	43,0	138	321
Nüßling, türkisch . . . . .	77	—	19	—	—	—	—	—	—
Oliven . . . . .	—	38—45 ?	38 ?	—	—	—	—	—	—
Pflaumenkerne . . . . .	—	33—37	30—32	0,9127	gelbbraun	salbenartig	68	260	322
Raps, Winter . . . . .	75	39	37	0,9136	—	—	42,7	140	328
Raps, Sommer . . . . .	74	33 ?	31	—	—	—	—	—	—
Rübsen, Winter . . . . .	75	33	32	0,9128	gelbbraun	salbenartig	43,8	144	328
Rübsen, Sommer . . . . .	77	33	32	—	—	—	—	—	—
Rostkastanien . . . . .	—	8	—	—	—	—	—	—	—
Sonnenblume . . . . .	50	40	35	0,9262	hellgelb	trocknet lang-	51,8	185	357
—	—	—	—	—	—	sam aus	—	—	—
Schnittbohne . . . . .	72	33	32	—	—	—	—	—	—
Storchschnabel . . . . .	67	—	27	—	—	—	—	—	—
Senf, schwarzer . . . . .	76	36	23	0,9170	gelbbraun	salbenartig	25,0	68	272
— weißer . . . . .	76	36	22	0,9142	hellgelb	—	29,8	78	261
Safflor . . . . .	63	—	9	—	—	—	—	—	—
Schamkraut . . . . .	—	50	—	—	—	—	—	—	—
Tannen und Fichten . . . . .	—	24	—	—	—	—	—	—	—
Zabai . . . . .	—	32—36	—	0,9232	gelblich	trocknend	49,8	164	328
Zeiselrübensame . . . . .	75	33	—	0,9167	gelbbraun	salbenartig	33,2	95	285
Zitronen . . . . .	65	30	14—20	0,9358	grün	trocknend	44,0	148	336
Zitronenflee . . . . .	—	12—18	10—11	0,9202	grüngelb	trocknet lang-	37,0	120	328
—	—	—	—	—	—	sam aus	—	—	—
Bunderbaum (Ricinus comm.) . . . . .	—	62	—	0,9611	gelblich	—	47,0	168	357
Walnuß . . . . .	—	50	—	0,9260	hellgelb	trocknend	45,0	150	333
Wegwarte (Onopordon Acanthium) . . . . .	—	25	—	—	—	—	—	—	—

Rücksichtlich der Heizkraft folgen sich demnach die Öle in folgender Ordnung:

Öl von Pflaumenkernen . . . . .	= 382
„ „ Haselnüssen . . . . .	= 357
„ „ Sonnenblumen . . . . .	= 357
„ „ Bunderbaum . . . . .	= 357
„ „ Mandeln . . . . .	= 346
„ „ Buchensamen . . . . .	= 340
„ „ Kiefern Samen . . . . .	= 338
„ „ Hanfsamen . . . . .	= 337

Öl von Bau . . . . .	= 336
" " Tannen- und Fichtensamen . . . . .	= 329
" " Raps und Rübsen . . . . .	= 328
. . . . .	.
. . . . .	.
" " Rohn . . . . .	= 258, als das-

jenige, welches das geringste Quantum Wasser verdunstet.

Tabelle der Äquivalente und Atomgewichte der einfachen Körper.

Namen des Körpers	Zeichen	Äquivalente		Atomgewichte	
		O = 100	H = 1	O = 100	H = 1
Aluminium . . . . .	Al	171,167	13,716	171,167	27,432
Antimon . . . . .	Sb	1612,904	129,243	806,452	129,543
Arfen . . . . .	As	940,084	75,329	470,042	75,329
Baryum . . . . .	Ba	856,880	68,663	856,880	137,325
— nach Pelouze . . . . .	—	868,010	68,640	836,010	137,280
Beryllium . . . . .	Be	87,100	6,968	87,100	13,936
Blei . . . . .	Pb	1294,045	103,571	1294,045	207,142
Boron . . . . .	B	136,204	10,914	136,204	21,896
Brom . . . . .	Br	978,306	78,392	489,153	78,392
— nach Marignac . . . . .	—	999,300	80,000	499,650	80,000
Cadmium . . . . .	Cd	696,767	55,833	696,767	111,666
Calcium nach Dumas, Erdmann und Marxand . . . . .	Ca	250,000	20,000	250,000	40,000
— nach Berzelius . . . . .	—	251,488	20,119	251,488	40,238
Cerium nach Berzelius . . . . .	Ce	574,796	46,051	574,796	92,102
Chlor . . . . .	Cl	443,280	35,463	221,640	35,463
Chrom . . . . .	Cr	328,300	26,271	328,300	52,042
Eisen . . . . .	Fe	350,000	28,000	350,000	56,000
— nach Svanderberg, Morlin und Ber- zelius . . . . .	—	350,527	28,042	350,527	56,094
Erbium . . . . .	E	—	—	—	—
Fluor . . . . .	Fl	235,435	18,834	117,718	18,834
Gold . . . . .	Au	2498,330	196,665	2498,330	398,330
Kob . . . . .	I	1565,570	126,845	782,786	126,845
Krbium . . . . .	Ir	1233,499	98,841	1233,499	197,082
Kalium . . . . .	K	488,940	39,115	488,940	78,200
Kobalt . . . . .	Co	368,091	29,568	368,091	58,930
Kohlenstoff nach Marxand u. Erdmann — nach Berzelius . . . . .	C	75,000 76,438	6,000 6,125	75,000 76,438	12,000 12,290
Kupfer . . . . .	Cu	396,033	31,728	396,033	63,550
Lanthan . . . . .	La	461,879	37,150	461,879	74,390
Lithium . . . . .	Li	80,375	6,440	80,375	12,880
Magnesium . . . . .	Mg	158,140	12,651	158,140	24,302
Mangan . . . . .	Mn	345,887	27,716	345,887	55,430
Neobdän . . . . .	Mo	598,520	47,960	598,520	95,950
Natrium . . . . .	Na	290,897	23,310	290,897	46,080
— nach Pelouze . . . . .	—	287,170	22,973	287,170	45,940
Nickel . . . . .	Ni	369,675	29,622	369,675	58,740
Niobium . . . . .	Nb	—	—	—	—
Nömium . . . . .	Ns	1244,487	99,722	1244,487	199,440
Paladium . . . . .	Pd	665,899	53,359	665,899	106,718
Phosphor . . . . .	P	392,286	31,436	196,143	31,436
— nach Pelouze . . . . .	—	400,300	32,024	200,150	32,024
Platin . . . . .	Pt	1233,499	98,841	1233,499	197,082
Quecksilber . . . . .	Hg	1265,822	101,431	1265,822	202,663
— nach Erdmann und Marxand . . . . .	—	1250,000	100,000	1250,000	200,000
Rhodium . . . . .	R	651,387	52,196	651,387	104,992
Ruthenium . . . . .	Ru	—	—	—	—
Sauerstoff . . . . .	O	100,000	8,000	100,000	16,000
Schwefel nach Erdmann u. Marxand — nach Berzelius . . . . .	S	200,000 200,750	16,000 16,060	200,000 200,750	32,000 32,100
Selen . . . . .	Se	494,582	39,631	494,582	79,263
Silber . . . . .	Ag	1350,000	108,000	1350,000	216,000
Silicium nach Berzelius . . . . .	Si	277,512	22,221	277,512	44,442
— nach Einbrodt und Hermann . . . . .	—	184,874	14,790	184,874	29,580
Stickstoff . . . . .	N	175,000	14,000	87,500	14,000
Strontium . . . . .	Sr	547,285	43,893	547,285	87,709
— nach Pelouze . . . . .	—	548,020	43,841	548,020	87,702
Tantal . . . . .	Ta	1153,715	92,448	1153,715	184,680
Tellur . . . . .	Te	801,760	64,250	801,760	128,266
Terbium . . . . .	Tb	—	—	—	—
Thorium . . . . .	Th	744,910	59,646	744,910	119,220
Titan . . . . .	Ti	303,662	24,332	303,662	48,604
Uran . . . . .	U	750,000	60,000	750,000	120,000
Vanadium . . . . .	V	855,846	68,578	855,846	137,150
Wasserstoff . . . . .	H	12,500	1,000	6,250	1,000
— nach Berzelius . . . . .	—	12,474	1,000	6,239	1,000
Wismuth, altes Äquivalent . . . . .	Bi	1330,377	106,600	1330,377	213,200
— . . . . .	—	886,918	71,069	886,918	142,139
Wolfram . . . . .	W	1183,000	94,705	1183,000	188,900
Yttrium . . . . .	Y	402,514	32,254	402,514	64,406
Zinn nach K. Erdmann . . . . .	Zc	406,600	32,528	406,600	65,066
Zinn . . . . .	Sn	735,296	58,926	735,296	117,840
Zirkonium . . . . .	Zr	429,301	37,670	429,301	70,340

## Vergleichende Tabelle über die Grade der gebräuchlichen Thermometer.

1) Vergleichung der Celsius'schen Thermometerscala mit denen von Réaumur und Fahrenheit.

Celsius	Réaumur	Fahrenheit	Celsius	Réaumur	Fahrenheit	Celsius	Réaumur	Fahrenheit
+100	+80	+212	+53	+42,4	+127,4	+ 6	+ 4,8	+42,8
99	79,2	210,2	52	41,6	125,6	5	4	41
98	78,4	208,4	51	40,8	123,8	4	3,2	39,2
97	77,6	206,6	50	40	122	3	2,4	37,4
96	76,8	204,8	49	39,2	120,2	2	1,6	35,6
95	76	203	48	38,4	118,4	1	0,8	33,8
94	75,2	201,2	47	37,6	116,6	0	0	32
93	74,4	199,4	46	36,8	114,8	— 1	— 0,8	30,2
92	73,6	197,6	45	36	113	2	1,6	28,4
91	72,8	195,8	44	35,2	111,2	3	2,4	26,6
90	72	194	43	34,4	109,4	4	3,2	24,8
89	71,2	192,2	42	33,6	107,6	5	4	23
88	70,4	190,4	41	32,8	105,8	6	4,8	21,2
87	69,6	188,6	40	32	104	7	5,6	19,4
86	68,8	186,8	39	31,2	102,2	8	6,4	17,6
85	68	185	38	30,4	100,4	9	7,2	15,8
84	67,2	183,2	37	29,6	98,6	10	8	14
83	66,4	181,4	36	28,8	96,8	11	8,8	12,2
82	65,6	179,6	35	28	95	12	9,6	10,4
81	64,8	177,8	34	27,2	93,2	13	10,4	8,6
80	64	176	33	26,4	91,4	14	11,2	6,8
79	63,2	174,2	32	25,6	89,6	15	12	5
78	62,4	172,4	31	24,8	87,8	16	12,8	3,2
77	61,6	170,6	30	24	86	17	13,6	1,4
76	60,8	168,8	29	23,2	84,2	18	14,4	— 0,4
75	60	167	28	22,4	82,4	19	15,2	2,2
74	59,2	165,2	27	21,6	80,6	20	16	4
73	58,4	163,4	26	20,8	78,8	21	16,8	5,8
72	57,6	161,6	25	20	77	22	17,6	7,6
71	56,8	159,8	24	19,2	75,2	23	18,4	9,4
70	56	158	23	18,4	73,4	24	19,2	11,2
69	55,2	156,2	22	17,6	71,6	25	20	13
68	54,4	154,4	21	16,8	69,8	26	20,8	14,8
67	53,6	152,6	20	16	68	27	21,6	16,6
66	52,8	150,8	19	15,2	66,2	28	22,4	18,4
65	52	149	18	14,4	64,4	29	23,2	20,2
64	51,2	147,2	17	13,6	62,6	30	24	22
63	50,4	145,4	16	12,8	60,8	31	24,8	23,8
62	49,6	143,6	15	12	59	32	25,6	25,6
61	48,8	141,8	14	11,2	57,2	33	26,4	27,4
60	48	140	13	10,4	55,4	34	27,2	29,2
59	47,2	138,2	12	9,6	53,6	35	28	31
58	46,4	136,4	11	8,8	51,8	36	28,8	32,8
57	45,6	134,6	10	8	50	37	29,6	34,6
56	44,8	132,8	9	7,2	48,2	38	30,4	36,4
55	44	131	8	6,4	46,4	39	31,2	38,2
54	43,2	129,2	7	5,6	44,6	40	32	40

2) Vergleichung der Réaumur'schen Thermometerscala mit der Fahrenheit'schen und Celsius'schen.

Réaumur	Fahrenheit	Celsius	Réaumur	Fahrenheit	Celsius	Réaumur	Fahrenheit	Celsius
+80	+212	+100	+42	+126,50	+52,50	+ 4	+41	+ 5
79	209,75	98,75	41	124,25	51,25	3	38,75	3,75
78	207,50	97,50	40	122	50	2	36,50	2,50
77	205,25	96,25	39	119,75	48,75	1	34,25	1,25
76	203	95	38	117,50	47,50	0	32	0
75	200,75	94,75	37	115,25	46,25	- 1	29,75	- 1,25
74	198,50	92,50	36	113	45	2	27,50	2,50
73	196,25	91,25	35	110,75	43,75	3	25,25	3,75
72	194	90	34	108,50	42,50	4	23	5
71	191,75	88,75	33	106,25	41,25	5	20,75	6,25
70	189,50	87,50	32	104	40	6	18,50	7,50
69	187,25	86,25	31	101,75	38,75	7	16,25	8,75
68	185	85	30	99,50	37,50	8	14	10
67	182,75	83,75	29	97,25	36,25	9	11,75	11,25
66	180,50	82,50	28	95	35	10	9,50	12,50
65	178,25	81,25	27	92,75	33,75	11	7,25	13,75
64	176	80	26	90,50	32,50	12	5	15
63	173,75	78,75	25	88,25	31,25	13	2,75	16,25
62	171,50	77,50	24	86	30	14	0,50	17,50
61	169,25	76,25	23	83,75	28,75	15	- 1,75	18,75
60	167	75	22	81,50	27,50	16	4	20
59	164,75	73,75	21	79,25	26,25	17	6,25	21,25
58	162,50	72,50	20	77	25	18	8,50	22,50
57	160,25	71,25	19	74,75	23,75	19	10,75	23,75
56	158	70	18	72,50	22,50	20	13	25
55	155,75	68,75	17	70,25	21,25	21	15,25	26,25
54	153,50	67,50	16	68	20	22	17,50	27,50
53	151,25	66,25	15	65,75	18,75	23	19,75	28,75
52	149	65	14	63,50	17,50	24	22	30
51	146,75	63,75	13	61,25	16,25	25	24,25	31,25
50	144,50	62,50	12	59	15	26	26,50	32,50
49	142,25	61,25	11	56,75	13,75	27	28,75	33,75
48	140	60	10	54,50	12,50	28	31	35
47	137,75	58,75	9	52,25	11,25	29	33,25	36,25
46	135,50	57,50	8	50	10	30	35,50	37,50
45	133,25	56,25	7	47,75	8,75	31	37,75	38,75
44	131	55	6	45,50	7,50	32	40	40
43	128,75	53,75	5	43,25	6,25			

3) Vergleichung der Fahrenheit'schen Thermometerscala mit der  
Celsius'schen und Réaumur'schen.

Fah- ren- heit	Celsius	Réau- mur	Fah- ren- heit	Celsius	Réau- mur	Fah- ren- heit	Celsius	Réau- mur
+212	+100	+80	+158	+70	+56	+104	+40	+32
211	99,44	79,56	157	69,44	55,56	103	39,44	31,56
210	98,89	79,11	156	68,89	55,11	102	38,89	31,11
209	98,33	78,67	155	68,33	54,67	101	38,33	30,67
208	97,78	78,22	154	67,78	54,22	100	37,78	30,22
207	97,22	77,78	153	67,22	53,78	99	37,22	29,78
206	96,67	77,33	152	66,67	53,33	98	36,67	29,33
205	96,11	76,89	151	66,11	52,89	97	36,11	28,89
204	95,55	76,44	150	65,55	52,44	96	35,55	28,44
203	95	76	149	65	52	95	35	28
202	94,44	75,56	148	64,44	51,56	94	34,44	27,56
201	93,89	75,11	147	63,89	51,11	93	33,89	27,11
200	93,33	74,67	146	63,33	50,67	92	33,33	26,67
199	92,78	74,22	145	62,78	50,22	91	32,78	26,22
198	92,22	73,78	144	62,22	49,78	90	32,22	25,78
197	91,67	73,33	143	61,67	49,33	89	31,67	25,33
196	91,11	72,89	142	61,11	48,89	88	31,11	24,89
195	90,55	72,44	141	60,55	48,44	87	30,55	24,44
194	90	72	140	60	48	86	30	24
193	89,44	71,56	139	59,44	47,56	85	29,44	23,56
192	88,89	71,11	138	58,89	47,11	84	28,89	23,11
191	88,33	70,67	137	58,33	46,67	83	28,33	22,67
190	87,78	70,22	136	57,78	46,22	82	27,78	22,22
189	87,22	69,78	135	57,22	45,78	81	27,22	21,78
188	86,67	69,33	134	56,67	45,33	80	26,67	21,33
187	86,11	68,89	133	56,11	44,89	79	26,11	20,89
186	85,55	68,44	132	55,55	44,44	78	25,55	20,44
185	85	68	131	55	44	77	25	20
184	84,44	67,56	130	54,44	43,56	76	24,44	19,56
183	83,89	67,11	129	53,89	43,11	75	23,89	19,11
182	83,33	66,67	128	53,33	42,67	74	23,33	18,67
181	82,78	66,22	127	52,78	42,22	73	22,78	18,22
180	82,22	65,78	126	52,22	41,78	72	22,22	17,78
179	81,67	65,33	125	51,67	41,33	71	21,67	17,33
178	81,11	64,89	124	51,11	40,89	70	21,11	16,89
177	80,55	64,44	123	50,55	40,44	69	20,55	16,44
176	80	64	122	50	40	68	20	16
175	79,44	63,56	121	49,44	39,56	67	19,44	15,56
174	78,89	63,11	120	48,89	39,11	66	18,89	15,11
173	78,33	62,67	119	48,33	38,67	65	18,33	14,67
172	77,78	62,22	118	47,78	38,22	64	17,78	14,22
171	77,22	61,78	117	47,22	37,78	63	17,22	13,78
170	76,67	61,33	116	46,67	37,33	62	16,67	13,33
169	76,11	60,89	115	46,11	36,89	61	16,11	12,89
168	75,55	60,44	114	45,55	36,44	60	15,55	12,44
167	75	60	113	45	36	59	15	12
166	74,44	59,56	112	44,44	35,56	58	14,44	11,56
165	73,89	59,11	111	43,89	35,11	57	13,89	11,11
164	73,33	58,67	110	43,33	34,67	56	13,33	10,67
163	72,78	58,22	109	42,78	34,22	55	12,78	10,22
162	72,22	57,78	108	42,22	33,78	54	12,22	9,78
161	71,67	57,33	107	41,67	33,33	53	11,67	9,33
160	71,11	56,89	106	41,11	32,89	52	11,11	8,89
159	70,55	56,44	105	40,55	32,44	51	10,55	8,44



Fah- ren- heit	Celsius	Réau- mür	Fah- ren- heit	Celsius	Réau- mür	Fah- ren- heit	Celsius	Réau- mür
+50	+10	+8	+19	- 7,22	- 5,78	-11	-23,89	-19,11
49	9,44	7,56	18	7,78	6,22	12	24,44	19,56
48	8,89	7,11	17	8,33	6,67	13	25	20
47	8,33	6,67	16	8,89	7,11	14	25,55	20,44
46	7,78	6,22	15	9,44	7,56	15	26,11	20,99
45	7,22	5,78	14	10	8	16	26,67	21,33
44	6,67	5,33	13	10,55	8,44	17	27,22	21,78
43	6,11	4,89	12	11,11	8,89	18	27,78	22,22
42	5,55	4,44	11	11,67	9,33	19	28,33	22,67
41	5	4	10	12,22	9,78	20	28,89	23,11
40	4,44	3,56	9	12,78	10,22	21	29,44	23,56
39	3,89	3,11	8	13,33	10,67	22	30	24
38	3,33	2,67	7	13,89	11,11	23	30,55	24,44
37	2,78	2,22	6	14,44	11,56	24	31,11	24,89
36	2,22	1,78	5	15	12	25	31,67	25,33
35	1,67	1,33	4	15,55	12,44	26	32,22	25,78
34	1,11	0,89	3	16,11	12,89	27	32,78	26,22
33	0,55	0,44	2	16,67	13,33	28	33,33	26,67
32	0	0	1	17,22	13,78	29	33,89	27,11
31	- 0,55	-0,44	0	17,78	14,22	30	34,44	27,56
30	1,11	0,89	- 1	18,33	14,67	31	35	28
29	1,67	1,33	2	18,89	15,11	32	35,55	28,44
28	2,22	1,78	3	19,44	15,56	33	36,11	28,89
27	2,78	2,22	4	20	16	34	36,67	29,33
26	3,33	2,67	5	20,55	16,44	35	37,22	29,78
25	3,89	3,11	6	21,11	16,89	36	37,78	30,22
24	4,44	3,56	7	21,67	17,33	37	38,33	30,67
23	5	4	8	22,22	17,78	38	38,89	31,11
22	5,55	4,44	9	22,78	18,22	39	39,44	31,56
21	6,11	4,89	10	23,33	18,67	40	40	32
20	6,67	5,33						

# Register.

Die eingeklammerten Zahlen zeigen an, wie oft ein Gegenstand an mehreren Stellen auf einer Seite vorkommt.

	Seite		Seite		Seite
▲ = Essigsäure	278	▲ = Essigsäure	278	Äckerfrume = Boden-	
a Albumin	352	▲ = Essigsäure	340	frume	469
Abänderung, allotropische	121	Acaciengelb	314	Äckerhumus	418
— der Affinität	24	Acacin	353	Äckersäure	375
— der Verwandtschaft	—	a Casein	278	Aconitin	299
Abbähen des Reilers	632	Acetate	—	Aconitsäure	295
Abdampfen	75	Aceticum acidum	—	Acorus calamus, Aschen-	
Abdampfschalen	75. 90	Acetysäure	54	analyse	388
Abgießen	94	Äthatreibschale	669	Activität der Metalle	161
Abkistern = ein Salz		Acidimetrie	278	Ae = Äthyl	380
z. B. Kochsalz aus-		Acidum aceticum	373	Äriren	57
trocknen, welches da-		— apocrenicum	288	Affinität	14
bei verknistert.		— benzoicum	363	—, Abänderung der	21
Abkochung	74	— butyricum	123	—, Gesetze der	19
Abkühlen	79. 80	— carbonicum	294	—, Größe der	24
Abbrauchen = Abdam-		— cinchotannicum	284	—, Tafel der	194. 198
pfen	75	— citricum	294	AG = Atomgewicht	20
Abrauchschalen	—	— coccotannicum	372	Ag = Silber	34
Abschwefeln der Metalle	184	— crenicum	279	Ag = 2 Atome Silber	
— der Steinkoh-		— formicum	296	Ag = Silberoxydul	
len = durch Ausglü-		— gallicum	292	Ag = Silberoxyd	
hen zum Theil von S.		— gallitannicum	370	Ag = Silberhyperoxyd	
befreien	379	— gallotannicum	363	Ag = Schwefelsilber	
Absinthium	333	— humicum	294	Agriculturchemie	10
Absoluter Alkohol	369	— lacticum	119	—, Literatur	3
Absonderungsaft	394. 395	— malicum	281	Agronomie	499
Abfordirbarkeit der Gase	57	— mimotannicum	291	—, Literatur	
Absorption	22. —	— nitricum	287	s. Bodenkunde	4
— der Blätter	462	— oxalicum	289	Agrostemma Githago,	
— der Wurzel	458	— quercitannicum	282	Aschenanalyse	359
Absorptionsvermögen	57	— succinicum	372	Ähorn, Anbau, Literat.	8
Abstreifen des Glases =		— tannicum	264	Ähornrinde, Gerbstoff-	
Erblinden	514	— tartaricum	—	gehalt	290
Absterben des Glases	—	— ulmicum	499	Ähornzucker	671
— des Zuckers	38	— uvicum	—	—, Literatur	8
Abtub	74	Äckerboden = Boden-	369	Älzie re. f. Ac.	
Abziehen	82	frume			
		Äckererde = Bodenfrume			
		499 oder = Humus			

	Seite		Seite		Seite
Almit	217	Alkalimeter v. Dectroi-	667	Ammelmehl = Stärkm.	307
Aktivität der Metalle	161	zilles	667	Ammoniak	238
Al = Aluminium	250	Alkalimetrie v. Fresenius	669	— als Bodenbestand-	540
Al = 1 Doppelatom		und Will	669	theil	
Aluminium		Alkalische Erden	50. 155	—, anderthalbkohlen-	240
Al = Thonerde	—	— als Bo-		saures	240
Alabaster	245	denbestandtheile	536. 538	—, ägendes	239
Alambic = Destillirblase,	78	—, Anwend.	180	—, Bestimmung	565
auch Destillirhelm		—, ägende	177	—, Bildung	239. 418
Alantin = Inulin	310	—, Auflös-		—, carbonat = koh-	
Alantstärkmehl	—	lichkeit	176	lenfaures A.	240
Alaun	252	—, caustische	177	—, caustisches =	
— gegen Holzsfäulniß	608	—, Darstel-		Ammoniak	239
—, gemeiner	252	lung	172	— des Bodens	540
—, Kali-	—	—, Farbe	173	—, Entstehung	239. 418
Alaunerde	250	—, kaustische	177	—, flüssigkeit	239
Albit	217. 522	—, Löslich-		—, Gewinnung aus	
Albumin	351. 352	keit	176	Braunkohle, Sumpf-	
Albumin a,	—	—, Metalle d.	155	erde zc.	650
— b,	—	—, Radikale d.	—	— gummi	352
Aldehyd	364	—, Verhalten	—	—, humusfaures	571
Alambic = Destillir-		zu Schwefel	179	—, kaustisches = A.	
blase, auch D.- Helm	78	Alkalische Erdmetalle	155	ammoniak	239
Algenzucker = Mannit	317	— Reaction	63	—, Kitt für	97
Alkali	50	— Salze	45. 46	—, Keesaures	282
—, flüchtiges = Am-		Alkaloide	299	—, kohlenfaures	240
moniak	238	Alkohol	362. 368	—, liquor = flüß-	
—, mineralisches =		—, absoluter	369 (2)	sigkeit	239
Natron	234	—, Holz-	377	—, nitrat = salpe-	
—, Pflanzen- = Kali	221	—, Schwefel-	131	terfaures A.	241
—, vegetabilisches =		Alkanit	217	—, oralat = oral-	
Kali	—	Allgemeine Chemie	9. 10	saures A.	282
Alkalien	50. 155	Alliaria officinalis, Bl	324 (2)	—, salpetersaures	241
— als Bodenbe-		Alotropie	121	—, schwefelsaures	—
standtheile	540	— des Bors	135	—, sesquicarbonat =	
—, Anwendung	180	— des Borons	—	anderthalbkohlensau-	240
—, ägende	177	— des Kiefels	136	res A.	
—, Auflöslichkeit	176	— des Kohlenstoffs	121	—, sulphat = schwe-	
—, caustische	177	— des Schwefels	126	felsaures A.	241
—, Darstellung	172	— des Siliciums	136	—, Umwandlung in	117
—, Farbe	173	Alubium	510. 521	Salpetersäure	
—, feuerbeständige		Alphabarz	326	Ammonium	238
= sämtliche Alka-		Alterer Sandstein,	527	—, Chlor-	241
lien außer Ammoniak		—, Bo-		—, oxyd	238
—, fixe desgl.		den des	527	—, Schwefel-	241
—, kaustische	177	Althain	337	Amorphie	37
—, Löslichkeit	176	Alumen	250	Ampferroth	344
—, Metalle der	155	Aluminium	—	Ampbidalze	46
—, milde	177	Aluminate	219	Ampbigene Stoffe	44
—, organische	299	Amalgam	51. 168	Amphotere Stoffe	42
—, Pflanzen-	—	—, natürliches	169	Amylon f. Stärkm.	142. 307
—, Radikale der	155	Amalgamation	168	Analyse	53
—, Verhalten zu		Amblygonit	213	—, Boden-	576
Metallen	165	Amboß	54	—, für prat-	—
—, Verhalten zu		Ameisen, Benutzung	280	tische Zwecke	—
Metalloryden	179	—, Ameisensäure	279	—, genaue	578
—, Verhalten zu		Ameisensaure Salze	280	—, qualitat.	—
Schwefel	—	Ametalle	12	—, quantitat.	582
—, Wirkung auf		Amidon	307	—, Elementar-	271
Pflanzen	460			—, Erkennungs-, =	
Alkalimetalle	155			qualitative	443

	Seite		Seite		Seite
Analyse der Pflanzen	442	Anthoxanthum	324	As = Einfachschwefel-	
— organische in	—	Anthracit	121	arsen	
— nähere Bestandtheile	—	Antimon	12. 13	„	
— organische in Ele-	—	Antimonblende	182	As = Underthalschwe-	
mentarbestandtheile	271	Antimonglanz	—	felsarsen	
— qualitative =	—	Antimonocker	172	„	
Prüfung der chemi-	—	Antiseptische Mittel f.	—	As = Dritthalbschwe-	
schen Beschaffenheit	—	fäulnißwidrige M.	357	felsarsen	
mit Reagentien	—	Anziehung, chemische =	—	Asarin	324
— quantitative =	—	Berwandtschaft	14	Asarumkampher = Asa-	
Scheidung der Be-	—	Apatit	213. 246	rin	—
standtheile zur Bestim-	—	Apfelbaumholz, Aschen-	—	Asbest	217
mung ihrer Quantität	—	bestandtheile	367	Asche	121. 663
Analytische Chemie	9	Apfel, Bestandth., nähere	440	—, Auslaugen d.	663. 665
— — Litr.	2	Apfelbranntwein	—	—, Bestandtheile	385.
Anatas	172	Apfelsäure	285	— brennen	390. 663
Anbrüchiges Holz	429	Apfelsaure Salze	286	— des Holzes, Bestand-	
Andalusit	216	Apfelsinenöl	322	theile	390
Andershalbschwefelsaures	—	a Phosphorsäure	133	—, heiße, Feuerge-	
Ammoniak	240	Apocrenate	374	fährlichkeit	664
Andershalbschwefeleisen	263	Apocrenicum acidum	373	—, Knochen- = Kno-	
Anemonenkampher	323	Apophyllit	217	chenerbe	246
Anemonin	—	Apothekergewicht	100	—, Perl-	667
Anhydrit	245	Apparate, pneum.	82 — 86	—, Zusammenbrück-	
Anisöl	323	—, Woolfscher	81	barkeit	664
Anlassen des Stahls	254	—, chemische	54 — 98	Aschenanalysen	385
Anlaufen der Metalle	157	—, chem., Literatur	2	Aschenbad	72
Anorganische Basen	159. 299	Aq = Äquivalent	26	Aschenbehälter = Aschen-	
— Bestandtheile der	—	Aquifolium	327	fall	65
Blätter	385 (2) 386.	Äquivalent	26	Aschenfall	—
— der Blüten	386	Äquivalentenlehre	27	Aschengehalt der Hölzer	
— des Holzes	—	Äquivalentenscala	680	385 — 387. 661. 662.	
und der Rinde	385 (2)	Äquivalententafel	—	Aschengehalt der Pflan-	
— — —	386 (2) 387	Ar = Aricin (Alkaloid)	—	zen = 385 — 389. 661 — 663	
— der Kräuter	—	Arabin	314	Aschenlauge, Einsied.	663. 665
— — —	385. 386.	Arabisches Gummi	—	Aschenraum	65
— des Laubes	—	Araganit	208	Asche, f. Esche	
— — —	385 (2) 386.	Arbutus uva ursi, Blät-	—	Ascher	665
— der Pflan-	—	ter, Bestandth., nähere	432	Asfulin	333
zen	385.	Aroma des Weins	361	Asparagin	337
— — —	389	Aronöl	324	Aspe f. Espe	
— der Samen	—	Arten od. Arsenikmetall	12. 13	Aspergilla	343
— der Streu-	—	Artenige Säure gegen	—	Asperula cynanchica	—
materialien	387	Holz säulniß	601	— odorata	324. —
— — —, Wichtig-	—	Artenik = arsenige Säure	—	— tinctoria	—
keit	392	— gegen Holz säuln.	608	Assamar	375
Anorganische Chemie	9. 101	Artenikblüte	172	Assa	100
— Radikale	41. 270	Artenikglanz	169	Assimilation der Pflan-	
— Säuren	42. 50.	Artenikmetall = Arsen	12. 13	zennahrung	461
— Stoffe	41	Artenik, weißer = arse-	—	At, Bedeutung als End-	
Anschließen	76	nige Säure	—	syblbe	51
Ansicht, atomistische über	—	Artemisia absinthium	333	At = Atropin	299
die chem. Verbdg.	16. 28	Arum maculatum, St	324	Atacamit	202
—, dynamische über	—	As = Arsen od. Arse-	—	Äther	380
die chem. Verbindung	16	nismetall	33	Ätherische Öle	321
Anthemis arvensis,	—	As = 2 Atome Arsen	—	Äther säuren	380
Aschenbestandtheile	389	As = Arsensuboxyd	—	Äthyl	—
— nobilis, Blüten,	—	As = Arsenige Säure	—	Äthyloryd	—
Bestandtheile, nähere	434	As = Arsenik säure	—	Atmosphärische Luft	112. 487
Anthophyllit	217			Atmosphärologie	486
Anthosiderit	—				

	Seite		Seite		Seite
Atom	28	Austrocknen 77. 108. 130. 444	77	Baryt	242
Atomgewicht	33	— der Gase	83	Baryterde	—
Atomgewichte, Tafel der	690	— des Holzes	412. 605	Barythydrat	—
Atomistik	28	— , Literatur	7	Barytnitrat = salpe-	—
Atomistische Ansicht	16. —	— durch Chlor-	—	tersaurer B.	243
Atomtheorie	16. —	— calcium	77. 83. 444	Barytocalcit	208
Atomzahl	29	— durch Schwefel-	—	Barytfalze	242
— , Bestimmung bei	—	felsäure	77. 130. —	— , salzsaurer = Chlor-	—
organischen Körpern	274	Auswaschen = efflores-	—	barium	243
Atropa Belladonna 290. 350	290. 350	ciren	77	— , schwefelsaurer	—
— Blätter, Be-	—	Auswahl der Nahrung	461	Barytfulphat = schwe-	—
standtheile, nähere	431	von den Pflanzen	—	felsaurer B.	—
Atropin	299	Auswaschen	97	Barytwasser	249
Attigbeerenbranntwein	674	— der Gefäße f.	—	Baryum	—
Attigbeerenvogelleim	327	Reinigen	99	— , Chlor-	243
Ammoniak	239	Auswintern = effloresc.	77	— , Schwefel-	—
Agbaryt = Baryt	242	Auswuchs = Efflorescenz	52	Basalt	528
Ägen des Glases	143	Ausziehen	—	Basaltboden	—
Äkali	221	Auszug	—	— , Verwitterung	528
Älkali	243	Ärinit	215. 216	Base = Basis	41. 41
Älauge	222	Ärotombleispath	208	Basen, anorganische	—
Äenatron	234	Az = Äzot	110	Basenbilder	—
Ästein	222	Äzolitmin	342	— , dreisäurige	45
Au = Gold	33	Äzot	110	— , einsäurige	—
Au = 2 Atome Gold	—		—	— , organische	270. 299
Au = Goldorybul	—	B = Boron	135	— , zweisäurige	45
Au = Goldoryb	—	B̄ = Boraxsäure	—	Basis	41. 44
Au = Einfachschwefelgold	—	— auch = Benzoylsäure	288	— , stärkste	222
Au = Ändert halbschwefelglb.	—	B = Benzoesäure	—	Basische Reaction f. al-	—
Aufbewahrung organi-	—	Ba = Baryum	242	kalische R.	63
scher Stoffe f. säul-	—	Ba = Baryt oder Ba-	—	— Salze	48
niskwidrige Mittel	357	ryterde	—	Bastorin	314
Aufbrausen	19. 63	Ba = Baryumhyperoryb	—	Bast, Eichen-, Äschen-	—
Auffangen der Gase	83	Ba = Schwefelbaryum	243	bestandtheile	385
Aufgeschwemmtes Land	—	Bab	72	Baumcohenille	341
= Alluvium	510. 521	— , Äschen-	—	Baumerde	369
Aufguß	74	— , Bittererde- f. Talf-	—	Baumrinde, Äschenbe-	—
Auflösung	17. 55. 61. 458	erde-	—	standtheile	385 (2)
Auflösungsmittel	56	— , Chlorcalcium-	73	— , — , — , Gербstoff-	386 (2) 387
Auflösen beim Kochen	—	— , Chlorzink-	—	gehalt	290
zu hindern	72. 99	— , Dampf-	—	— , nähere Be-	—
Augit	217 (2)	— , Magnesit- f. Talf-	—	standtheile	429
Äuripigment	182	erde-	72	Baumsäfte f. Nahrungs-	—
Ausblühen = efflores-	—	— , Marien-	73	saft	394
ciren	77	— , Metall-	—	Baumwolle, explosiv	301
Ausdünstung d. Pflanzen	402	— , Si-	—	Baumwolle, Schieß-	—
Ausfüttern der Ziegel	90	— , Schwefelsäure-	—	Bäume, Blei-	146
Aushellen der Flüssig-	—	— , Talkerde-	72	— , Einschlagen des	493
keiten	98	— , Wasser-	73	Blüßes in	146
Auslaugen	97	Baggertorf	366	b Caseln	353
Auspressen	98	Bähen des Meißers	632	Be = Beryllium	33
Auspugen der Gefäße	—	b Albumin	352	Be = Beryllterde	—
f. Reinigen	99	Ballistoryb	301	Be = Benzoesäure	288
Ausscheidung d. Blätter	462	Ballon, Glas-	78	Beißelbeere = Berberis	399
— der Wurzel	456. 457. 458	— , Luft-	107. 125	Beleuchtung mit Bas-	—
Ausfüßen	97	Balsame	325. 326	ferstoffsas	108
Austreiben der Gase aus	—	Bärentraube, Blätter,	—	Belladonna	299. 350
Flüssigkeiten	83	Bestandtheile, nähere	432		

	Seite		Seite		Seite
Belladonnablätter, Bestandtheile, nähere	432	Bi = Bismuth		Bittererde, Vorkommen	247. 522
Benzoate	288	Bi = Bismuthoxyd		— als Bodenbestandtheil f. Kalkerde	538
Benzoesäure	—	B = Bismuthsäure		— bad	72
Benzoesäure Salze	—	Bi = Einfachschwefelwismuth		— bicarbonat =	
Benzoyl	—	Bi = Aderthalbschweifwismuth		— zweifachkohlens. Magnesia	249
Benzoylsäure	—	Bicarbonat, Bittererde = zweifachkohlensäure Magnesia	249	— carbonat = kohlen-säure B.	—
Benzoylwasserstoff	—	Bicarbonat, Kalk = doppeltkohlsaurer K.	244	—, doppeltkohlensäure — hydrat	247
Berberin	340	—, Eisenoxydul = doppeltkohlens. E.	257	—, kohlensäure — salz	247
Berberis vulgaris, Wurzel, Bestandtheile, nähere	399	—, Magnesia = zweifachkohlens. K.	249	—, kohlensäure — salz = Chlor-magnesium	249
Berge, Einfluß auf Luftfeuchtigkeit	459	—, Kalkerde = zweifachkohlens. K.	—	—, salz. gegen Holz-säure f. Chlormagn.	608
—, Einfluß auf Lufttemperatur	490	Bichlorid	51	—, schwefelsäure — filicat = kiesel-säure Magnesia	249
—, Einfluß auf Witterung	489	Bienenwachs	320	— sulphat = schwefelsäure B.	248
Bergkrysal	136	Bier	362	—, zweifachkohlens.	249
Bergöl = Steinöl	322	Bierbrauerpech = schwarzes Pech	645. 656	Bitter, Eschenrinden =	
Bergschwaden = Sumpflust	124	Bildungsst	394	— Astulin	333
Bergwind	496	Bisentrantsamen, Bestandtheile, nähere	439	—, Flechten	335
Berlinerblau	262	Bismuth	216	—, Isländischmoos	—
Bernsteinsäure	287	Bismuthsäure	40	—, Settrarin	334
Bernsteinsäure Salze	—	Bisulphat, Kali = doppeltkohlsäures K.	282	—, Pappelrinden =	
Beryllium	12. 13	Bisulphat, Kali = doppeltkohlsäures K.	49	—, Salicin	—
Bergellius' Beingeistlampe	70	Bisulphat, Kali = doppeltkohlsäures K.	246	—, Weidenrinden =	
Beschlag = Efflorescenz	77	Bisulphat, Kali = doppeltkohlsäures K.	246	—, Salicin	—
Beschläge	91	Bisulphat, Kali = doppeltkohlsäures K.	246	—, Wurzelrinden =	
Bestandtheile	11	Bisulphat, Kali = doppeltkohlsäures K.	246	— Phlorrhizin	530
— des Bodens	532. 590	Bisulphat, Kali = doppeltkohlsäures K.	246	Bitterkalk	530
— des Bodens, Erkennung aus der Aufseraufnahmefähigkeit	573	Bisulphat, Kali = doppeltkohlsäures K.	246	Bitterkalkboden	—
— der Körper	11	Bisulphat, Kali = doppeltkohlsäures K.	246	Bitterklee	333
— der Körper, Einteilung	12	Bisulphat, Kali = doppeltkohlsäures K.	246	Bitterklee	248
— der Körper, elementare	—	Bisulphat, Kali = doppeltkohlsäures K.	246	Bitterklee	333
— der Körper, entferntere	—	Bisulphat, Kali = doppeltkohlsäures K.	246	Bitterklee	333
— der Körper, nähere	—	Bisulphat, Kali = doppeltkohlsäures K.	246	Bitterklee	333
—, Neben- = in sehr kleiner Quantität vorhandene Bestandtheile einer Verbindung	—	Bisulphat, Kali = doppeltkohlsäures K.	246	Bitterklee	333
— der Pflanzen, anorganische	385	Bisulphat, Kali = doppeltkohlsäures K.	246	Bitterklee	333
— d. Pflanzen, anorganische, Literatur	2	Bisulphat, Kali = doppeltkohlsäures K.	246	Bitterklee	333
— d. Pflanzen, anorganische, Wichtigkeit	392	Bisulphat, Kali = doppeltkohlsäures K.	246	Bitterklee	333
— der Pflanzen, nähere	—	Bisulphat, Kali = doppeltkohlsäures K.	246	Bitterklee	333
— der Pflanzen, organische	393	Bisulphat, Kali = doppeltkohlsäures K.	246	Bitterklee	333
Betabarz	326	Bisulphat, Kali = doppeltkohlsäures K.	246	Bitterklee	333
Betulin	323	Bisulphat, Kali = doppeltkohlsäures K.	246	Bitterklee	333
Bi = Bismuth	34	Bisulphat, Kali = doppeltkohlsäures K.	246	Bitterklee	333

	Seite		Seite		Seite
<b>Blätter</b>	431	<b>Blleichen f. schwefl. Säure</b>	140	<b>Bodenbestandtheile, Er-</b>	
— aschenanalysen	385	— 128 und Chlor	181	kennung an der Bas-	
— (2) 386. 387		<b>Blende</b>	181	seraufnahmefähigkeit	573
— , Absorption	462	— , Antimon-	182	— bestandtheile, Er-	
— , Ausdünstung	—	— , Mangan-	287	kennung d. Schlemmen	593
— , Ausscheidung	—	— , Zink-	182	— bestandtheile, ver-	
— , Bestandth. anor-		<b>Blitz</b>	492	änderliche	532 (2)
ganische 385 (2) 396 (2) 387		— ableiter	494	— bestandtheile, Ver-	
— , Bestandtheile, nä-		— , Einschlagen dess.	493	halten z. Electricität	554
here	431. 442	— , Ründen dess.	494	— , Beurtheilung	568
— , Function	—	<b>Blume des Weins</b>	362	— , Beurtheilung nach	
— , Secretion	—	<b>Blumen (chemische)</b>	91	äußeren Kennz.	573. 592
— Ueberzug, wachs-		— Benzol- = Ben-		— , Beurtheilung nach	
artiger f. Wachs 320		— jolsäure	268	der Vegetation	568. 593
und Blattgrün	348	— , blauer Farbstoff	348	— , Bindekraft = Co-	
<b>Blau, aus Chlorophyll</b>	350	— , gelber —	340. 341	häsion	554
— beere f. Heidelbeere		— , rother —	344	— , bindiger	554 (2)
— , Berliner-	262	— , Schwefel-	126	— , Birken-	556
— , Eisen-	213	— , das übrige f. Blüten	—	— , Bitterkalk-	530
— , eisenstein	217	<b>Blutlaugen Salz</b>	261	— , Bruch-	546. 594
— , Indigo-	346	— , gelbes	—	— , Buchen-	556
— , Kornblumen-	348	— , rothes	262	— , Cohäsion	554
— , Lackmus-	343	<b>Blutstein</b>	258	— , Cohäsion, Bestim.	571
— , Pariser-	262	<b>Blüte, Arsenit-</b>	172	— , Consistenz f. Coh.	554
<b>Blaue Farbstoffe</b>	345	— , Uran-	208	— , Consistenz, Best.	571
— Pigmente f. Farbst.		<b>Blüten, Bestandtheile,</b>		— , Constitution, che-	
<b>Blaues Lackmuspapier</b>	343	anorganische	386	mische f. Bestand-	
<b>Blausalz = Kaliumeisen-</b>		— , Bestandtheile, nä-		theile	532. 590
cyanür	261	— here	433. 443	— decke	595
<b>Blausäures Eisenkali,</b>		— blau	349	— decke, Bestandth.	
gelbes = Kaliumeisen-		— gelb	340. 341	387. 596 f. auch Blätter	
cyanür	—	— , Honig liefernde	436	— decke, Einfluß auf	
— , Eisenkali, rothes		— öle	435	Holztrag	603
= Kaliumeisenfeyanid	262	— roth	344	— decke, Erhaltung	603
— , Eifenoryd =		— , Schwefel- =		— decke, Zweck	595
Eisenfeyanid	260	— Schwefelblumen	126	— des älteren Sandst.	527
— , Eifenorydalkali =		— , staub = Pollen	435	— des Liebtiegenden	—
Kaliumeisenfeyanid	262	— , Wachs liefernde	436	— , Diorit-	—
— , Eifenorydul =		<b>Bocteter Wasser</b>	122	— , Dolerit-	529
Eisenfeyanür	260	<b>Boden</b>	499	— , Dolomit-	530
— , Eifenorydulalkali		— , Absorption d. Gase	550	— , Ductstein-	—
= Kaliumeisenfeyan.	261	— analyse für prat.	—	— , dürrer	549
— , Eifenoryduloryd =		— tische Zwecke	576	— , Einschrumpfen b.	
Eisenfeyanürfeyanid	262	— analyse f. wissenschaft-	—	troctnen, Bestimm.	572
— , Kali = Cyan-		— tische Zwecke	578	— , Eintheilung nach	
Kalium	233	— analyse, qualitative	—	Bestandtheilen	565
<b>Blausäure</b>	144	— analyse, quantitative	582	— , Eintheilung nach	
<b>Blausstoff = Cyan</b>	—	— analysen, Lab.	590. 592	Cohäsion	554
<b>Blech, Platin-</b>	71	— , arten vergl. Bo-	—	— , Eintheilung nach	
<b>Blei</b>	12. 13	den, Eintheilung	—	dem Orte der Entste-	
<b>Bleibäume</b>	146	— , Auswahl zur	—	hung ob. Ablagerung	516
<b>Bleierz, Schwarz-</b>	206	Untersuchung	509	— , Eintheilung nach	
— von Mendiff	202	— , Basalt-	528	den Gewächsen dess.	556
— , Weiß-	208	— , bearbeitung, me-	—	— , Eintheilung nach	
<b>Bleigesäße</b>	81. 129. 143	chanische	595	der Vegetation	—
<b>Bleiglanz</b>	182	— , bedürftiger	555	— , Eintheilung nach	
<b>Bleigummi</b>	219	— , bestandtheile	532. 590	Erwärmung	553
<b>Bleihornetz</b>	202	— , bestandtheile, bau-	—	— , Eintheilung nach	
<b>Bleikammer</b>	128	ernde	532 (2)	Feuchtigkeit	549
<b>Bleiretorten</b>	81. 143	— , bestandtheile, Ein-	—	— , Eintheilung nach	
<b>Bleivitriol</b>	210	fluß auf Holzwauchs	552	Thätigkeit	555

	Seite		Seite		Seite
Boden, Eintheilung nach		Boden, Humus-, merge-		Boden, Probefschlemmen	
Tiefe	551	liger	566	des	593
—, Eisen- 541. 564.	565	—, Humus-, reicher	565 (2)	—, Quarzsandstein-	531
—, eisenhaltiger	539	—, Humus-, sandiger	566	—, quelliger	520
—, — 541. 564	566	—, Humus-, thoniger	—	—, Salz-	538. 594
—, Eisen-, kalkiger	566	—, Humus-, vermö-	—	—, Sand- 532. 559. 566	590. 593. 594
—, Eisen-, lehmiger	—	—, gend	565	—, Sand-, lehmiger	561
—, Eisen-, mergeliger	—	—, hungeriger	555	—, Sand-, mergeliger	566. 590
—, Eisen-, sandiger	—	—, Kalk. 530. 563. 565.	590. 594	—, Sand-, schlechter	—
—, eisen-schüssiger	—	—, Kalk-, lehmiger	566	—, Sandstein-	531
—, Eisen-, thoniger	—	—, Kalk-, sandiger	—	—, Sauerstoffabsorp-	—
—, erdfeuchter	549	—, Kalk-, thoniger	—	tion, Prüfung auf	575
—, Fähigkeit, Sauer-	—	—, Kalkhaltiger	—	—, saurer	540. 546
stoff zu absorbiren,	—	—, kalkiger	—	—, Säuren des	540
Prüfung auf	575	—, kalkloser	—	—, schlüpfriger	555
—, fester	554	—, Kalksandstein-	531	—, schmiegiger	—
—, fetter	555	—, Kalktuff-	530	—, schwerer 554. 555. 570	—
—, feuchter	548. 549	—, Kalktuff-	553	—, Schwinden dess.	—
—, feuchtigkeit	548	—, Kalkgründiger	548	beim Trocknen	572
—, feuchtigkeit, stagnir.	—	—, Kiefer-	556	—, secundärer	516
—, feuchtigkeit, stehende	—	—, Kreide-	530. 563	—, steiniger 556.	566
—, feuchtigkeit, wechsel.	549	—, Krume	499	—, Seesumpf-	518. 520
—, Fichten-	556	—, Krume, Entstehung	514	—, Sumpf-	517
—, Flöthgrünstein-	529	f. Erdkrume	514	—, Sumpf-, Arten dess.	518
—, Fluß-	516. 517	—, Kunde	499	—, Sumpf-, Gintheil.	—
—, Flußmarsch-	590	—, Kunde, Literatur	4	—, Sumpftorf-	518. 520
—, Flußniederungs-	517	—, Lehm- 561. 565.	566. 590. 593	—, sumpfiger	549
—, frischer	549	—, Lehm-, humus-	566	—, Sphenit-	527
—, Gasabsorpt. 549. 575	575	reicher	566	—, Talc-	538
—, Gebirgs-	516. 517	—, Lehm-, mergelkalkig.	—	—, tauber	555
—, geschlossener	554	—, Lehm-, milder	562	—, Thal-	516. 517
—, gesteinsfeuchter	549	—, Lehm-, salziger	566	—, thätiger	555
—, Gewicht, absolut.	570	—, Lehm-, sandiger	566	—, Thon- 535. 563. 565	590. 593
—, Gewicht, specif.	—	—, Lehm-, starker	—	—, Thon-, kalkig. 563. 566	—
—, Gewicht, specif.	—	—, Lehm-, strenger	518 (2)	—, Thon-, mergeliger	—
Bestimmung	569	—, Lehmsumpf-	554. 570	—, Thon-, reiner	563
—, Glimmerschiefer-	526	—, leichter	554	—, Thon-, sandiger	566
—, Gneis-	525	—, lockerer	—	—, Thonsandstein-	531
—, Granit-	524	—, loser	—	—, Thonschiefer-	526
—, Graustein-	529	—, luftfeuchter	549	—, Tiefe dess.	551
—, Grauwacken-	526	—, luftnasser	—	—, Tiefe, Einfluß auf	—
—, grundfeuchter	549	—, Luftwechsel im	550	den Baldbau	—
—, grundnasser	—	—, Marsch-	518 (2)	—, Tiefe, Ursachen der	—
—, Grünstein-	527	—, Meeres-	520	—, todter	555
—, Güte	568	—, Meeresand-	560	—, Torf-	518. 519.
—, Güte, bedingte	—	—, Mergel- 537. 565.	590. 594	—, träger	555
—, Güte nach den Ge-	—	—, Mergel-, kalkiger	566	—, trockner	549
birgsarten, woraus er	—	—, Mergel-, lehmiger	—	—, überthätiger	555
entstand	523—531	—, Mergel-, sandiger	—	Bodenunterlage 499. 566 590	—
—, Güte unbedingte	568	—, Mergel-, thoniger	—	—, unterlage, Bestand-	566
—, Gyps-	531. 538.	—, Mergelsandstein-	531	theile	—
—, Haide-	548. 590	—, Moor-	518. 519.	—, unterlage, Einfluß	—
—, Hainbuchen-	556	—, Moortorf-	518. 519.	auf Bodenbeschaffenh.	567
—, höher	553. 555	—, nasser	548	—, unterlage, felsige	—
—, humofer	565 (2)	—, Porphy-	525	—, unterlage, kieselige	—
—, Humus-	564. 565	—, primärer	516	—, unterlage, lehmige	—
—, humusarmer	—				
—, humusfeuchter	549				
—, Humus-, kalkiger	566				
—, Humus-, lehmiger	—				



	Seite		Seite		Seite
Bodenunterlage, lettige	567	Borarsaure Salze	136. 215	Braunit	171. 266
— unterlage, Kalkstein-	—	Borarsaures Natron	237	Braunkohlen, Brenn-	—
— senstein als	—	Borarsäure	135	werth, Literatur	5
— unterlage, sandige	—	Borarsäure	48	—, Entstehung der	367 (2)
— unterlage, steinige	—	Borarsäure	135	—, Entstehung, Eiter.	8
— unterlage, thonige	—	Borarsäure	135	—, Gewinnung v. Kohle,	—
— unterforschung	568	Borarsäure	135	—, Untersuchung,	—
Bodenuntersuchung, phy-	—	Borarsäure	135	—, Literatur	8
sikalische	569—575	Borarsäure	135	Braunspath	249. 522
— unterforschung, che-	—	Borarsäure	135	Braunstein = Mangan-	—
— mische	576	Borarsäure	135	hyperoxyd	267
— unterforschung, chemi-	—	Borarsäure	135	Brennbare Luft	106
— sche, für prakt. Zwecke	—	Borarsäure	135	Brennbarkeit der Körper	105
— unterforschung, chemi-	—	Borarsäure	135	Brennen 88. 103 auch	—
— sche, für wissenschaftliche	—	Borarsäure	135	—, destilliren	78
Zwecke	578	Borarsäure	135	Brennkraft des Holzes	—
— unterforschung, chemi-	—	Borarsäure	135	— ober Heizkraft	420. 638
— sche, qualitative	—	Borarsäure	135	— der Kohle	638. 639
— unterforschung chemi-	—	Borarsäure	135	Brennmaterial, Wasser-	—
— sche, quantitative	582	Borarsäure	135	stoff als	108
—, Verhalten nach d.	—	Borarsäure	135	—, Weingeist als	69
vorwalt. Bestandtheile	556	Borarsäure	135	Brennmaterialien für che-	—
—, Verhalten zur Elek-	—	Borarsäure	135	— mische Operationen	93
tricität	553	Borarsäure	135	Brennnefselektrolyt	344
—, Verhalten z. Luft	549	Borarsäure	135	Brennöhl	677
—, Volumverminde-	—	Borarsäure	135	Brennstahl = Cément-	—
— rung beim Austrock-	—	Borarsäure	135	— stahl	254
nen, Bestimmung	572	Borarsäure	135	Brennstoff = Phlogiston	103
—, Wäde-	529	Borarsäure	135	Brennstoffe für chemische	—
—, warmer	553	Borarsäure	135	— Operationen	93
—, wärmehaltende	—	Borarsäure	135	Brennwerth	422
Kraft, Bestimmung	575	Borarsäure	135	Brennzeug f. Destillirbl.	78
—, Wasseranziehung,	—	Borarsäure	135	Brenzgalussäure f. Py-	—
Bestimmung	574	Borarsäure	135	— rogallussäure	283
—, Wasseraufnahme,	—	Borarsäure	135	Brenzliches Öl	321. 375
Bestimmung	572	Borarsäure	135	Brenzsauren	276
—, wasserharter	563	Borarsäure	135	Brenztraubensäure	283
—, wasserzürückhal-	—	Borarsäure	135	Brenzweinsäure	—
tende Kraft, Bestim-	—	Borarsäure	135	Brewsterit	216
mung	574	Borarsäure	135	Brod aus Baumrinde u.	—
—, Weiden-	561	Borarsäure	135	— Holz	397. 430
—, zäher	555	Borarsäure	135	Brom	143
—, zehrender	—	Borarsäure	135	Bromide	50
—, Zusammenschrum-	—	Borarsäure	135	Bromüre	—
pfen beim Trocknen	572	Borarsäure	135	Bromuren des Eisens	150
—, Zusammensetzung,	—	Borarsäure	135	— des Kupfers	158
chemische f. Bestand-	—	Borarsäure	135	Bronzit	217
theile	532. 590	Borarsäure	135	Bruch	549
Bohnenpflanze, Aschen-	—	Borarsäure	135	Bruchboden	546. 594
analyse	389	Borarsäure	135	Brucit	171
—, Raab's Beobach-	—	Borarsäure	135	Brücke der pneumatischen	—
tung an der	468	Borarsäure	135	— Wanne	84
—, Samen, Aschen-	—	Borarsäure	135	Brückenauer Wasser	122
analyse	389	Borarsäure	135	Brückenholzer beim Koh-	—
Boletus lacrymans	604	Borarsäure	135	— lenmeiler	634
Bor	135	Borarsäure	135	Brünnen des Eisens	158
Boracit	215	Borarsäure	135	— des Kupfers	—
Borate	136.	Borarsäure	135	Brummengeißt = Kohlen-	—
Borat, Natron- f. Bor-	—	Borarsäure	135	— säure	193
saures K.	215. 237	Borarsäure	135		
Borax	—	Borarsäure	135		

Brunnenwasser	109 (2)	Calcium, oryctophoret	236	Carmin, rother	341
Bryum	348	—, Schwefel. = Ca	—	—, stoff = Carmin	—
Buchederöl	319. 676.	Calendula officinalis,	—	Carpinus Betulus (Beiß-	—
677. 678 (2)		Blüten, Bestandtheile,	—	buche), Aschenbestand-	—
Buchelöl = Buchederöl	676. 678 (2)	näherte	434	theile	386 (2)
Buchenholz (Fagus	—	—, Leuchten ders.	—	Caseln	351. 353
sylv.), Aschenbestand-	—	f. Ringelblume	483	—, a	—
theile	385. 386	Calibritte Cylindrer	85	—, b	—
—, (Fagus sylv.),	—	—, Glocken	—	Cassoröl = Ricinusöl	319
Bestandtheile, nä-	—	Calmus f. R.	—	Catalyse, catalytisch f. R.	—
here	398	Cambium	394	Catechu, Gerbstoffgehalt	290
Buchenlaub, Aschenbe-	—	Cameralchemie, Literat.	3	Catechugersäure	294
standtheile	387	Campher f. R.	—	Caustische Alkalien	177
Buchenrinde, Aschenbe-	—	Camentiren	68	—, alkalische Erden	—
standtheile	385. —	Cämentflahl	254	Caustisch f. R.	—
—, Bestandtheile, nä-	—	Candiszucker	315	Cd = Cadmium	33
here	430	Cannabis sativa, Aschen-	—	Cd = 2 Atome Cadmium	—
—, Gerbstoffgehalt	290	bestandtheile	389	Cd = Cadmiumsuboxyd	—
Buchweizen, Same, Aschen-	—	Cantharidenampher	323	Cd = Cadmiumoxyd	—
analyse	388	Cantharidin	—	Cd = Schwefelcadmium	—
Bülte	518	Caoutschuk f. Kautschuk	72	Cd = Cadein (Alkaloid)	—
Bunter Sandstein	531	Capelle	378	Ce = Cerium	—
Burfscheider Wasser	131	Capnomor	—	Ce = Ceriumoxyd	—
Bustamit, Bestandtheile	—	Capucinerblume, Leuchten	483	Ce = Ceriumoxyd	—
und Verwitterungs-	—	der	324	Cedriret	378
produkte	515	Capucinerkressenöl	128	Cedriose	644
Butterarten	318. 320	Caput mortuum = Col-	316	Cedulose	300
Butter, Cacao-	—	cothar	208	Cement f. C.	—
Buttersaure Salze	363	Caramel	123. 208	Centaurea Cyanus, Aschen-	—
Buttersäure	320. —	Carbonat	—	bestandtheile	389
Buttersäureäther	—	—, Ammonial f. Koh-	240	—, Farbstoff,	—
Buttersäuregährung	362	lenfaure A.	249	blauer	348
Butyrat	363	—, Bittererde f. Koh-	—	Centigramm	100
Butyrium acidum	—	lenfaure B.	257	Cer = Cerium	12. 13
Butyrim	320	—, Eisenorydul f.	223	Cerain	320
Bz = Benzoesäure	288	kohlensaures C.	244	Cerastin	314
		—, Kali f. kohlen-	249	Cerasus avium, Holz,	—
		saures R.	263	Aschenanalyse	387
		—, Kalk f. kohlen-	235	Ceratonia Siliqua	363
		saurer R.	249	Cercis Siliquastrum,	—
		—, Magnesia f. koh-	263	Holzaschenanalyse	386
		lenfaure R.	235	Cerin	320
		—, Manganyorydul-	249	Cerit	217
		f. kohlen-saures R.	249	Cerithienkalk	505
		—, Natron f. kohlen-	249	Cerium	12. 13.
		saures R.	249	Cetraria islandica	310. 334
		—, Kalkerde f. koh-	249	Cetrarin	—
		lenfaure A.	249	Cf = Ferrocyano = Ci-	—
		Carbonate	123. 208	sencyanur nach Liebig	—
		Carboneum	120	Cf = Ferricyano =	—
		Carbonicum acidum	123	sencyanid nach Liebig	—
		Carburet	51	Chabast	217
		—, Eisen-	—	Chabeauffire's Verkoh-	—
		—, Wasserstoff-	124 (2)	lungsofen	653
		Carmin	341	Chamäleon, mineralisch	267
		—, blauer = indig-	—	Champagner aus Bir-	—
		blauschwefelsaures Kali,	—	kenast, Literatur	8
		durch kohlenf. Kali aus	—	Charaktere, chemische f.	—
		Indigintur gefärbt	—	chem. Zeichen	33
		—, Indig = blauer C.	—		—

	Seite		Seite		Seite
Charaktere, mineralogisch		Chemische Prozesse, Vor-		Chlorcalcium zur Ent-	
— chemische f. Zeichen	35	— bereitung derselben	54	— wässerung 77. 83. 369.	444
Chelidonin	299	— Symbole f. Zeichen	33	Chloreisen	260
Chelidonium majus,		— Untersuchung	11. 53	Chlorselapf	125
— Aschenbestandtheile	389	— Verbindung	16. 17	Chlorete	130. 202
Chelidoxanthin	340	— —, Erkennung,		Chlorgas = Chlor	139
Chemie, Agricultur-	10	— derselben	17. 25	Chlorid, Eisen-	260
— —, Agricultur-, Literat.	3	— —, Erklärung		Chloride	50
— —, allgemeine	9. 10	— atomistische	16	— —, Dry-	53
— —, analytische	9	— —, Erklärung,		Chlorige Säure	140
— —, analytische, Literatur	2	— dynamische	—	Chlorine = Chlor	139
— —, angewendete	9	— — Verbindungen bi-		Chlorit	217
— —, anorganische	9. 101	— — näre	40	Chlorkali = unterchlorig-	
— —, antiphlogistische f.		— —, Eintheilung		— saures Kali	232
— ant. System	103	— derselben	—	Chlorkalium	—
— —, Begriff	9. 10	— — erster Ordn.	—	Chlorkalk = unterchlo-	
— —, besondere f. spe-		— — dritter Ordn.	—	— rigsaures Kalk.	
— cielle Chemie	9. 101	— — nung	41	Chlormagnesium	249
— —, Cameral-, Literat.	3	— —, Nomenclatur d.	49	— — gegen Holzfäulniß	608
— —, Definition	10	— —, quaternäre	40	Chlormangan	267
— —, der Forstbenutzung	603	— —, ternäre	—	Chlormetalle = Chlorete	
— —, der Forsttechnologie	—	— —, zweiter Ordn.	—	—	139. 202
— —, Eintheilung	9	— — nung	—	Chlornatrium	238
— —, Experimental-	—	— Chemisches Verhalten	14	— — als Bodenbestand-	
— —, Forst-	10. 381	— Chemischer Versuch	—	— theil	539
— —, forstlich technolo-		Chemische Verwandtschaft	—	— — gegen Holzfäulniß	608
— gische	603	— —, Abänderung	—	Chloropal	217
— —, organische	10. 268	— derselben	24	Chlorophäit	—
— —, Pflanzen-	10	— —, Arten ders.	14	Chlorophyll	348
— —, phlogistische =		— —, Contact-	15	Chlorosalze = Chlorete	
— phlog. System	103	— —, einfache	14	—	139. 202
— —, Phyto-	10	— —, einleitende	16	Chlorsäure	140
— —, praktische	9	— —, Gesetze d.	19. 24	Chlorsaures Kali	232
— —, reine	9. (2)	— —, inductive	16	Chlorstickstoff	142
— —, specielle	9. 101	— —, mischende	14	Chlortheorie	43
— —, synthetische	9	— —, prädispon.	15	Chlorsäure	50
— —, technische	603	— —, vorbereitende	—	Chlorür, Mangan-	267
— —, theoretische	9	— —, Wahl-	—	Chlorwasser	139
— —, Zoo-	10	— —, Wahl- doppelte	—	Chlorwasserstoff	140
Chemische Analyse	53	— —, Wahl- einfache	—	Chlorwasserstoffsaure	—
— Charaktere f. Zeich.	33	— —, Zeichen	33	Chlorwasserstoffsaure Salze	
— Constitution =		— —, Bersehung	17	— = Chlorete	139. 202
— chem. Zusammensetzung	11	— —, Berstörung	—	Chlorzinkbad	73
— Experimente f. chem.		Chlasiolit	216	Chrom	12. 13
— Versuche	14	Chlilalspeter = salpeter-		Chromocder	173
— —, Formeln	34	— —, saures Natron	237	Chrysen	378
— —, Eigenschaften	10. 14	Chinagerbsäure	294	Chrysoberyll	219
— —, Gesetze	19	Chinin	300	Chrysolith	217 (2)
— —, Nomenclatur	12. 49	Chlor	139	Ci = Citronensäure	284
— —, Operationen	53	— — als Bodenbestand-		Ci = Cinchonin (Alkaloid)	
— —, auf nassem		— theil	540	Cichorienstärkmehl	310
— Wege	54. 61	Chlorammonium	241	Cichorium intybus, Sau-	
— —, auf trockenem		Chlorat, Kali- = chlor-		— lin des	—
— Wege	54. 87	— —, saures K.	232	Cicutin	399
— —, Prozesse	17. 18	Chloräther	125	Cider = Apfelwein	676
— —, Beendi-		Chlorbaryum	243	Cidereffig = Apfeleffig	—
— gung der	93	Chlorcalcium	246	Cinchotannicum acidum	394
— —, Einleitung		Chlorcalciumbad	73	Citrate	285
— der	61	Chlorcalcium gegen Holz-		Citricum acidum	284
— —, Heizung bei	64	— fäulniß	608		

Seite	Seite	Seite
Citronenlerne, Aschen-	Constituierende Theile ==	Cyansäure 144
Bestandtheile 388	Bestandtheile 11	Cyanäurecyanid, Eisen- 262
Citronenlerndel 678	Constitution, chemische ==	Cyanäure 50. 145
Citronenöl 322	chem. Zusammensetzung —	Cyanür, Eisen- 260
Citronensäure 284	Contactverwandtschaft 15	Cyanwasserstoffsäure 144
Citronensäure Salze 285	Coats == Coats 368	Cyder == Apfelwein 676
Cl == Chlor 139	Copaibalsamöl 322	Cydereffig == Apfeleffig —
Cl == 1 Doppelatom Chlor	Copal 328	Cylind, calibrierte 85
Cl == unterchlorige S. 140	Corpora halogenia 44	—, graduirte —
Cl == chlorige Säure —	Corpora non agunt, nisi fluida 20	—, Reagir- 64
Cl == Chlorsäure —	Corund 171. 250	D == Didym 12
Cl == Chlorsäure —	Corpyalin 299	Dagget 379. 655
Cl == Überchlorsäure —	Corylus Avellana, Blät- 386	Dahlin == Snulin 310
Clarificiren == Klären 98	ter, Aschenbestandth. 386	Damm 328
Cn == Coniin 299	Cotunnit 202	Dammerde 369
Co == Kobalt 33	Coumarin 324	—, Aschenbestandth. 385
Co == Kobaltoryd	c Phosphorsäure 134	Dammerdebildung 365
Co == 2 Atome Kobalt	Cr == Chrom 33	Dampf 75
Co == Kobaltessquioryd	Cr == Chromsäure	Dampfbad 73
Co == Einfachschwefelkobalt	Cr == 1 Doppelatom Chrom	Dämpfen des Holzes 606
Co == Aenderthalschwe- felkobalt.	Cr == Chromoryd	Daphne Mezereum f. Seidelbast, 430
Coats 368	Crenate 373	Datolith 48. 215
Coaguliren 63	Crenicum acidum 372	Datura Stramonium, Sa- me, Aschenbestandth. 388
Coagulum —	Cresot 378. 379	Daturin 299
Coccotannicum acidum 294	Cronstedtit 217	Dauer des Holzes 408
Coccus Cacti 341	Cryfall ic. f. R. 33	Dauer des Holzes, Literat. 5
— polonicus —	Cu == Kupfer 33	Davy's Glühlampe 151
Coccusroth == Carmin —	Cubischer Salpeter == salpetersaures Natron 237	— Lampe 105. 124. —
Cochennille, Baum- —	Cumarin 324	— Sicherheitslampe 105. 124
—, deutsche —	Curcuma 341	Decagramme 100
— roth —	Curcumapapier —	Decanthiren 94
—, Wurzel- —	Curcumatinctur —	Decigramme 100
Cohls == Coats 368	Cy == Cyan 144	Decimalgewicht —
Cohobation 82	Cy == 1 Doppelatom Cyan	Decke, bewegliche, beim Kohlenbrennen 625. 629
Colatorium == Seigtuch 94	Cy == Cyansäure und Knallsäure —	— des Bodens 595
Colchicin 299	Cy == Schwefelcyan —	—, Be- standtheile 387. 596
Colcothar 128	Cyan —	—, Einfluss auf Holztrag 603
Colirbeutel 95	— eisen 260. 262	—, Erh. 602
Coliren 94	— eisenkalium, gelbes == Kaliumeiscyancyanür 261	—, Zweck 595
Colirtuch —	— eisenkalium, gelbes als Reagens 207	— des Weilers 129
Colophonium 322. 657	— eisenkalium, rothes == Kaliumeiscyancyanid 262	Decoction 74
Colophonsäure 328	— eisenkalium, rothes als Reagens 207	Decomponiren == zerfeg. 17
Columbium == Lantal 12. 13	Cyanete 145. 206	Decrepitiren 63. 77. 88
Clestin 210	Cyangelas == Cyan 144	Degenöl == Dagget 379. 655
Comarum palustre 344	Cyanide 50. 145	Deggut == Dagget —
Concentriren durch Ab- dampfen 75	Cyanid, Eisen- 260	Deliquesiren == zerfließ. 77
— durch Schwe- felsäure 130	Cyanit 216	Demant == Diamant 120 (2)
Condensation 22 (2)	Cyankalium 233	Dephlogistificiren 103
Condensator 79	Cyanmetalle 145. 206	Dephlogistifirte Luft == Sauerstoff — 102
Coniin 299	Cyanogen == Cyan 144	Dephlogistifirte Salzsäure == Chlor 139
Conium m., Aschenbe- standtheile 389		Deplacirung 58
Conservation des Holzes 604		
Consistenz 58		

	Seite		Seite		Seite
Desoxydation 88. 103.		Dolomitboden	530	Eichenbast, Aschenbe-	
— organischer Körper	107. 146	Donner	492	standtheile	385
337. 347. 362		Dom, Ofen-	65	Eichenblätter, Aschenbe-	
Destillation 78		Doppelatome	29	standtheile	—
—, absteigende 82. 379		Doppelborax f. Natron	237	Eichengerbsäure	291
—, aufsteigende 78		Doppelschmelze 12.	52	Eichengerbsäure Salze	294
— bei Luftabschluß f.		Doppelschmelze 12.	—	Eichenholz, Aschenbe-	
Trocknen 108		Doppeltkohlen-saure Bit-	249	standtheile	386. 387
—, schräge 80		tererde	—	Eichenholzertract, Aschen-	
—, trockne 91. 375		Doppeltkohlen-saures Ei-	257	standtheile	385
— des Holzes —		senorybul	244	Eichenrinde, Aschenbe-	
— der Stein-		Doppeltkohlen-saurer Kalk	244	standtheile 385. 386. 387	
kohlen 379		Doppeltkohlenf. Magnesia	249	—, Gerbstoffgehalt	290 (3), 291 (2)
Destillirapparat 78		Doppeltkohlenf. Talkerde	246	Einsäthern	88
Destillirblase —		Doppeltphosphors. Kalk	246	Einsäure Säuren	44
Destillirhelm 79		Doppeltphosphors. Kalk	48	Einsäure Salze	48
Destillirkolben 78		—, doppelte	—	Einsäure Körper	13
Destilliröfen —		Doppeltphosphors. Kalk	263	— Salze	48
Destillirtes Wasser 109		Doppeltphosphors. Kalk	224	Einsäure Schwefelsäure	263
Detonation 18 u. f. Ver-		Doppeltphosphors. Kalk	263	Eigenschaften, chemische	10. 14
puffung 88		Doppeltphosphors. Kalk	263	der Körper	10. 14
Deutosulphurete 182		Doppeltphosphors. Kalk	263	Eigenschaften, physikali-	10
Deutoryb 50		Doppeltphosphors. Kalk	263	sche der Körper	75
Dextrin 311. 375. 379		Doppeltphosphors. Kalk	263	Einsäuren	—
Dextrinzucker = Krü-		Doppeltphosphors. Kalk	263	Einleiten der chem. Pro-	61
melzucker 317		Doppeltphosphors. Kalk	263	zesse	16
Diallag 217		Doppeltphosphors. Kalk	263	Einleitende Verwandt-	16
Diamant 190 (2)		Doppeltphosphors. Kalk	263	schaft	45
Diamantspath 250		Doppeltphosphors. Kalk	263	Einsäure Säuren	45
Diaspor —		Doppeltphosphors. Kalk	263	Einsäure Salze	493
Diastase 354		Doppeltphosphors. Kalk	263	Einsäuren	58
Diachroit 217 (2)		Doppeltphosphors. Kalk	263	Einsäuren	440
Didym 12		Doppeltphosphors. Kalk	263	Einsäuren	253. 523
Digeriren 73		Doppeltphosphors. Kalk	263	—, actives	161
Digerirflasche —		Doppeltphosphors. Kalk	263	— blau	213
Digerirkolben —		Doppeltphosphors. Kalk	263	— bläuernder Gerbstoff	291
Digestion —		Doppeltphosphors. Kalk	263	— boden 541. 564. 565	
Digestor, Papin's 74		Doppeltphosphors. Kalk	263	— boden, kalkiger	566
Digestorium = Sandbad 72		Doppeltphosphors. Kalk	263	— boden, lehmiger	—
Digitalin 299. 433		Doppeltphosphors. Kalk	263	— boden, mergeliger	—
Digitalis purpurea,		Doppeltphosphors. Kalk	263	— boden, sandiger	—
—, Aschenbe-		Doppeltphosphors. Kalk	263	— boden, thoniger	—
standtheile 389		Doppeltphosphors. Kalk	263	—, Bronziren des	159
nähere Bestandtheile 432		Doppeltphosphors. Kalk	263	—, Bruniren —	158
Dihydrit 213		Doppeltphosphors. Kalk	263	— Chlorid	260
Diluiren = Flüssigkeiten		Doppeltphosphors. Kalk	263	— cyanid	262
mit Wasser verdünnen.		Doppeltphosphors. Kalk	263	— cyanalium, gelbes	261
Diluvium 521		Doppeltphosphors. Kalk	263	— cyanalium, rothes	263
Dimorphie 36		Doppeltphosphors. Kalk	263	— cyanür	260
Dinte 296		Doppeltphosphors. Kalk	263	— cyanürcyanid	262
Dioplas 217		Doppeltphosphors. Kalk	263	—, Cyanverbin-	260
Diorit 527		Doppeltphosphors. Kalk	263	— bungen	260
Diorithoden —		Doppeltphosphors. Kalk	263	— erbe, blaue = Ei-	213
Dissolutio 62		Doppeltphosphors. Kalk	263	senblau	213
Disteilsamenöl 677		Doppeltphosphors. Kalk	263	— erbe, grüne =	217
Dithionsäure 127		Doppeltphosphors. Kalk	263	Grünerde	253
Doggert = Dagget 379. 655		Doppeltphosphors. Kalk	263	— erze f. Dryde	253
Dolerit 529		Doppeltphosphors. Kalk	263	— firtisch	253
Dolerithoden —		Doppeltphosphors. Kalk	263	—, gediegenes	253
Dolomit 249. 522. 530		Doppeltphosphors. Kalk	263		

	Seite		Seite		Seite
Eisenglanz	253	Eisenerz, sauerklee-	256	Elektrisches Verhalten des	
— grüne Gerbsäure	294	— saures	256	— Holzes	399
— Guss-	254	— schwefelsaures	257	Elektrochemische Reihe	
— haltiger Boden	539. 541	— silicat	258	— der Elemente	13
— hammerschlag	255. 260	— sulphat = schwefel-		— Theorie	14
— holzessigsaures, ge-		— saures E.	257	Elektrolyt	16
— gen Holzäulniß	611	Eisen, passives	161	Elektromotor	—
— kali, blausaures,		— peroryd	258	Elektronegative Elemente	13
— gelbes	201	— präparate = Ei-		Elektropositive Elemente	—
— kali, blausaures, ro-		— senverbindungen	256	Elementaranalyse, orga-	
— thes	202	— protoryd	—	— nische	271
— kaliumcyanid	—	— reines	255	— , Literatur	2
— kaliumcyanür	261	— , Roh-, graues	253	Elementare Bestandtheile	12
— kies	263	— , Roh-, weißes	—	— Elemente (Gemische)	—
— kiesel	217	— rost	259	— der Alten	—
— Kitt, feuerfester f.		— , Rosten dess.	158. 255	— des Aristoteles	—
— Beschläge für Retor-		— salze	256. 259	— , elektronegative	13
— ten u. f. w.	92	— salze als Bodenbe-		— , elektropositive	
— Kitt, wasserdichter	—	— standtheile	539	Elementenmesskunst	27
— oder	258.	— , Schmiede-	254	— Elemente, Nomenclatur	33
Eisenerz	258	— , schwefel-, Andert-		— , Bersehgbarkeit	17.
— blausaures =		— halb-	263	— 154.	238
Eisencyanid	262	— , schwefel-, Doppelt-	—	— 293	
— , gallusfaures	294.	— , schwefel-, Einfach-	262	— Glagssäure	
— , gerbsaures	294	— , schüssiger Boden	566	— Eller f. Erle	
— , humusfaures	372	— , Schutz gegen Rost		— Elssasser Serpentin	327
— hydrat	258	— 166. 255.	328	— Email	193
— kiesel-saures	259	— finter	260	— Emphysematisches Öl	375
— , klee-saures	—	— , Stab-	254	— Emulsion	355
— , oralsaures	—	— sulphid	263	— Emulsion	318. 332
— orybul	260	— sulphür	262	— Enalochrom = Poly-	
— phosphat	259	— tritoryd	258	— chrom	333
— , phosphorsaures	—	Eisenverbindungen	256	— Endosmose	458
— , salze	—	— vitriol, grüner	257	— Englische Schwefelsäure	130
— , salzsaures = Ei-		— vitriol, rother	210	— Englischroth = Colco-	
— fenchlorid	—	Eiserne Mörtel	54	— thar	128
— , sauerklee-saures	259	— Retorten	81. 91.	Entbindung der Gase f.	
— , schwefel-saures	210	— Schmelztiegel	90	— Gasbereitung	82
— silicat = kiesel-sau-		— Spatel	56	— Entfärbung durch Chlor	140
— res E.	259	— Ziegel	90	— durch Kohle	121
— sulphat = schwefel-		Eisessig	278	— durch schweflige	
— saures E.	210. 257	Eisläste	428	— Säure	128
Eisenerz	256	Eiweißartige Stoffe	351	Entfäulen	121
— bicarbonat = dep-		Eiweißstoff	352	Entglasen	39
— pelstkohlen-saures E.	257	Ela'n	319	Entmischung = Bersehung	
— , blausaures	261	Ela'nsäure	—	— Entwässerung des Wein-	
— , carbonat = koh-		Elaopten	321	— geistig	369
— len-saures E.	257	Elaolith	217	— durch Chloral-	
— , gallus-saures	256	Elasticität des Holzes	407	— cium 77. 247. 369.	444
— , gerbsaures	294	Elastisches Gummi	328	— durch Schwefel-	
— , humus-saures	371	— Harz = el. Gummi	—	— säure 77. 130.	—
— hydrat	256	Electricität	14	Entzündliches Gas =	
— , kiesel-saures	258	— , Einfluß auf Kei-		— Wasserstoff	106
— , klee-saures	256	— mung	484	Entzündung, freiwillige	—
— , kohlen-saures	257	— , Einfluß auf Be-		— , Selbst-	—
— , oralsaures	256	— getation	483	Enzian	333
— orybul	260	— leitung der Metalle	148	Epidot	216
— phosphat = phos-		— leitung der Metall-		Epigeneese	448
— phor-saures E.	258	— oryde	176	Epigeneese	—
— , phosphor-saures	—	— , Luft-, Erforschung	492	Epsomer Salz = Bit-	
— salze	256	— der Wollen	—	— ter-salz	248
				— Wasser	—

	Seite		Seite		Seite
Equisetsäure	285	Erdrinde, feste	502	Essigsäuregewinnung	
Erbium	12	Erdsalpeter = salpeter-		beim Theerschwelen	650
Erblinden des Glases	514	saurer Kalk	224	Essigsäurehydrat	278
Erbfen, Aschenbestandthl.	389	Erdsalze	46. 47	Essigsaure Salze	—
Erbfenstroh, Aschenbe-		Erhitzen bei Luftabscluß	108	Et, Bedeutung als End-	
standtheile	385	— der Körper	87	solbe	181
Erdbanalyse f. Boden	576. 578	—, stärkstes	108	Eubialyt	217
Erdbanalysen, Tabelle		— durch Ofen-		Eubiometer	86. 114. 115
von	580	feuert	60	Eubiometrie	114. —
Erdbäpfel f. Kartoffel		Erica herbacea, Aschen-		Euklas	217 (2)
Erdbildung, dritte Pe-		bestandtheile	380	Euphorbiengelb	341
riode	508	Erkennungsanalyse =		Euphorbium	332
—, erste Periode	507	qualitative Analyse	443	Eupion	378
—, fünfte Periode	510	Erlenholz, Aschenbestand-		—, Literatur	8
—, sechste Periode	511	theile	386	Evaporiren	75
—, zweite Periode	507	Ernährung d. Pflanzen	453	Evonymus europaeus, D.	167
Erdbach d. Meilers	630 (2)	— — — — — Litera-		Excremente der Pflanzen	457. 462
Erde 12. 50. u. f. Erd-		tur	4	— der Wurzel	457
körper 500 und Bo-		Erzfähmenge	26	Exhalation der Blätter	
den	499 — 603	Erscheinungen, chemische	18	f. Ausbünstung	462
—, Alaun-	250	Erythrin	342 (2)	Groschmose	450
—, Baryt-	242	Erythrinbitter	342	Experimentalchemie	9
—, Bildung ders.	505	Erythrolein	—	Explosion	19
—, Bitter-	247	Erythrolitmin	—	Explosive Baumwolle	
—, Gay-	224	Erythrophyll	344	Exsiccator	444
—, Hasel-	530	Erze	146	Extrakt	58
—, Kalk-	243	Erzeugung d. Pflanzen	447	Extraktabfatz	333
—, Kiesel-	137	—, bedingte	448	Extrakte	—
—, Knochen-	246	—, mutterlose	447	Extrakt, Humus-	545
—, Mergel-	534	—, Samen-	448	Extraktion	58
Erden	50	—, spontane	447	Extraktionsapparat, An-	
—, alkalische		—, unbedingte	448	thou's	50
Erden, Anwendung	181	—, Ur-	—	—, Mohr's	60
—, eigentliche	50	Eschenrindenbitter =		Extraktstoffe	332. 456
—, Grundlagen der		Fraxinin	333	—, bittere	333
f. Metalle d. Erden	155	Esdragonöl	323	—, gefärbte	333. 337
—, Metalle der	—	Esparsette, Aschenbe-		—, tragende	336
—, Radikale der	—	standtheile	389	—, süße	333. —
Erde, Schwer- = Ba-		Esperinde, Gerbstoffge-		—, ungefärbte	333
ryterde	242	halt	200		
—, specif. Gewicht	500	Essig	364	F = Fluor	143
—, Staub-	547	— bilder = Schnelles-		F = Formylsäure	279
—, Strontian-	243	sigfaß	365	F = Ameisensäure	—
—, Talk-	247	— bereitung, ältere	364	Fahlerz	182
—, Temperatur der	501	— bildung	—	Fahlnit	216
—, Thon-	250	—, Branntwein-	364 (2)	Fällung	62
Erdeischöl	678	—, Eis-	278	Farbstoffe	333. 337
Erdfenchter Boden	549	— fabrikation, ältere	364	—, anorganische sind	
Erdkörper, specif. Ge-		— fabrikation, Schnell-	365	meist Dryde u. Schwefel-	
wicht	500	— ferment	364	verbindungen der	
Erdbkalt	171	—, Frucht-	365	Schwermetalle.	345
Erdrume = Boden-		— geist	278	—, blaue	338
frume	499	— gut	365	—, Bleichen der	—
—, Entstehung	514	—, Holz-	376. 649	—, durch schweflige	
Erdbmergel	534	— mutter	364	Säure zerstörbare	338
Erdbmetalle	155	—, Oest-	365	—, gelbe	339
—, alkalische	—	— pilz	364	—, grüne	348
Erdußöl	319	—, Radical-	278	—, organische	337
Erdoberfläche, Uneben-		Essigsäure	—		
heit	500	Essigsäurebildung	283.		
			285. 364		

	Seite		Seite		Seite
Farbstoffe, rothe	341	Fette Öle	318 (2)	Flamme, grüne	105
Farinzucker = letzter An-		Fetter Kitt	92	—, Kerzen-	104
schuß des Zuckersyrups		Fette, Verhalten zu Re-		—, Drydations-	71
Faser, Holz-	300	—, tallen	164	—, Reductions-	—
—, Pflanzen-	—	Fettsäuren	319	—, rothe	105
—, Schieß-	301	Feuer	12. 104	—, Theorie der	104
—, stoff	300	—, brühte des Flamm-		—, violette	105
—, stoff, explosiver	301	—, ofens	666	—, Wasserstoff-	104. 108
—, vegetabilische	300	—, düngung 540. vgl.		—, Weingeist-	104. 369
Fatisceiren = Verwittern	77	auch Glühen d. Thons	536	—, weisse	105
Faulbaumkohle	225	—, erscheinung beim		Flammfeuer	93
Faules Holz, leuchtendes	419	chemischen Prozesse	18	Flammofen	67. 93. 665
Fäule, nasse des Holzes	604	—, färbige	105	Flasche, Digerir-	73
—, trockne des Holzes	—	Feuerfester Kitt	92	—, Koch = Kolben	—
		—, Flamm-	93	und Physolen	—
Literatur	7	Feuerflamme s. Flamme		Flaschenapparat, Woolfs	81
Fäulniß	357	—, Gebläse-	—	Flasche, Sprig-	97
— des Holzes	—	—, gefährlichkeit heißer		—, Wasch-	—
— des Holzes, nasse	604	Afche	664	—, Woolfs	81
— des Holzes, trockene	—	—, geist	103	Flechtenroth	342
— des Holzes, trockene	—	—, haus liegender		Flechtenstärmehl	310
Literatur	7	Werke	636	Fliederbeerenbranntwein	
—, Mit-		—, Kohlen-	93	f. Hollunderbranntwein	674
tel gegen	607	—, luft = Sauerstoff	102	Fliederbeerenessig	676
Fäulnißwidrige Mittel	357	—, materialien für		Fliederbeeren, Farbstoff f.	
— für Holz	607	chem. Operationen	93	Hollunderb.	345
Fe = Eisen	253	—, raum des Ofens	64	Fißgebirge	505
Fe = Eisenoxydul	256	—, Theorie	104	Fißgrünstein	529
Fe = Eisensäure	—	Feuerung bei chemischen		Fißkalk	505
Fe = 2 Atome Eisen	—	Operationen	93	Fluate s. Fluormetalle	
Fe = Eisenoxyd	258	Feuerzange	91	— 143. 205	
Fe <sub>2</sub> O = Eisensuboxyd	—	Feuerzeug, Platin-	106	Flüchtige Luft = Ammo-	
Fe = Einfachschwefel-		Feurige Schwaden	124	nialgas	238
eisen	262	Fibrin	354	Flugand	557
Fe = Doppelschwefel-		Fichtenharz	327	Fluor	143
eisen	263	Fichtenharz, gelbes	656	Fluorcalcium	143. 205
Fe = Underthalbschwe-		—, weißes	—	Fluorete s. Fluormetalle	
feleisen	—	Fichtenrinde, Gerbstoff-		— 143. —	
Federharz	328	gehalt	290. 291	Fluoride	50. 143
Feilen	55	Fichtenfamenöl	677. 679	Fluorine = Fluor	—
Feldspath	252	Filter	95. 96. 97	Fluorkiesel	144
Fenn	517. 520	Filtrirbret	95	Fluormetalle	143. 205
Ferment	360	Filtriren	—	Fluorsilicium = Fluor-	
—, Essig-	364	Filtrirgestell	—	kiesel	144
Ferridcyan = Eisencya-		Filtrirpapier	—	Fluorüre	50. 143
nid nach Liebig	260	Filtrirringe	99	Fluorwasserstoff	—
Ferridcyanfalkium = Ka-		Filtrum	95. 96. 97	Fluorwasserstoffsäure	—
liumeisencyanid	262	Firnisse	328	—, Verhalten zu Met.	163
Ferrrocyan = Eisencya-		Firnß, Eisen-	—	Fluß	146. 193. 234
nür nach Liebig	260	—, Kautschut-	329	Flußboden	516. 517
Ferrocyanid = Eisen-		—, Lack-	328	Flußcerit	205
cyanürepanid	262	—, Metall-	—	Flüsse	146. 193. 234
Ferrocyanfalkium = Ka-		Fir oder feuerbeständig		Fluß, feuriger	193
liumeisencyanür	261	= in der Hitze nicht		Flußharz	653
Feßtigkeit des Holzes	403	flüchtig		Flüßigkeiten, Klären von	96
—, Literatur	5	Fl = Fluor	143	—, Stoßen ders. beim	72. 99
Fettarten	318	Flamme	104. 105	Flußmittel	146. 193. 234
Fette	—	—, blaue	—	Flußniederungsboden	517
		—, Erklärung	104	Flußsäure	143
		—, Farbe	105		
		—, gelbe	—		



	Seite		Seite		Seite
Flußsaure Salze ==		Gahre des Meilers	633	Gasentwicklung f. Gas-	
Fluormetalle	143. 205	Gährung	359	bereitung	82
Flußsäure, Verhalten		Buttersäure-	362	Ritt zur	92
zu Metallen	163	Essig-	359. 364	Gasentwicklungsröhre	83
Fluß, schwarzer	223	faulige == Faul-		Gas, entzündliches ==	
Flußpath	143. 205	niß	357	Wasserstoff	106
Flußwasser	109	Milchsäure- f.		Gas, Trocknen der	83
Fluß, wässeriger	193	Schleimgährung	362	Verdrängung aus	
weißer	223	saure f. But-		flüssigkeiten	
Flußpittercerit	205	tersäuregährung und		Gas, Halogen- == Chlor	139
Formeln, chemische	34	Essigbildung	362. 364	hepatisches	130
mineralogisch-che-		Schleim-	362	Hydrogen-	106
mische	35	Gährungserreger	360	Hydrothion-	130
Formiate	208	Gährungsluft == Koh-		inflammables ==	
Formicum acidum	279	len Säure	122	Wasserstoff	106
Formylsäure		Gährung, Wein-	359	Kohlenoxyd-	122
Forstbenutzung	603	Galipot	326. 656	Kohlensäure-	
Literatur	5	Galium boreale	343	Lach-	116
Forstchemie	10. 381	mollugo		Lebens- ==	
Literatur	3	Galiumroth f. Labkraut-		Sauerstoff	102
Forstliteratur	1	roth		Leber- == Schwe-	
Forstphysik, Literatur	5	Galium sylvaticum		felwasserstoff	130
Forsttechnologie	603	Galläpfel, Bestandtheile,		Leucht-	124
Literatur	5	nähere	431	Luft-	116
Franzensbader Wasser	122	Gerbstoffgehalt		bildendes	124
Französisches Gewicht	100	Galläpfelsäure	290	Gasometer	85
Frauentglas	245	Gallate	297	Gas, oxydirtsalzsaures	
Frischen des Eisens	254	Galle, Theer	644	== Chlor	139
Frost, Einfluß auf Bo-		Gallicum acidum	296	Drygen- ==	
denbildung	516	Galipot f. Galipot	326. 656	Sauerstoff	102
Einfluß auf die		Gallusäure	296	Phosphor- ==	
Pflanzen	480	Gallusäure Salze	297	Phosphorwasserstoff	134
Fruchtbranntwein		Gallitannicum acidum	292	Phosphorwasser-	
Früchte, Bestandtheile	437. 442	Gallotannicum acidum		stoff-	
Fruchteffig	676	Galmei, edler	208	Gas, Salpeter-	116
Fruchtwine	674	Kiesel-	217 (2)	salpetrigsaures ==	
Fruchtzucker	316. 317	Galvanismus, Einfluß		salpetrige Säure	
Fuchs der Ofen	67. 666	auf Vegetation	483	salzsaures	140
Fuchsfand	541	Gammaharz	326	Sauerstoff-	109
Füllen des Meilers	632	Gasabsorption durch		Schwefelleber-	
Füllloch des Meilers	631	Kohle	121. 550	Schwefelwasserstoff	120
Fulmin	301	Gas, Azot-	110	Schwefelwasser-	
Fumar Säure	286	behälter	85	stoff-	
Function der Blätter	462	Blaustoff- == Cyan	144	schwefligsaures	127
der Wurzel	458	brennbares ==		Stick- == Stick-	
Fuseliger Branntwein,		Wasserstoff	106	stoff	110
Reinigung	121	Chlor-	139	Stickstoff-	
Fuselöl	361	Chlornasserstoff-	140	Stickstoffoxyd-	116
Fußräume des Meilers	632	Cyan-	144	Stickstoffoxydul-	
		Cyanogen- ==		tödliches ==	
G == Glycium oder Be-		Cyan		Stickstoff	110
ryllium	12. 13	dephlogistirt-		wassererzeugendes	
G = 2 Atome Glycium		salzsaures == Chlor	139	== Wasserstoff	106
oder Beryllium		Gas, Abforbbarkeit	57	Wasserstoff-	
Gi = Glycin- oder Be-		Aufangen	83	geschwefel-	
rylterde		Auflöslichkeit	57	tes == Schwefelwas-	
		Austrocknen	83	ferstoff	130
G = Gallusäure	296	Gasentbindung f. Gas-		phosphor-	
Gadolinit	217 (2)	bereitung	82	haltiges == Phosphor-	
Gahnit	219	Gasentbindungsrohre	83	wasserstoff	134
				Wonne-	116

	Seite		Seite		Seite
Sayerde	224	Geologie	500.	Glanzkobalt, Bismuth-	182
Gebirge, aufgeschwemm-		Georgine	310	Glas	37. 237
tes f. Alluvium und		Serben des Leders	296	—, Absteigen des, f.	
Diluvium	510. 521	Serbsäure	289	—, Erblinden	514
—, Einfluß auf Luft-		—, Bestimmung,		Glasbereitung	82. 125
feuchtigkeit	489	quant.	295	—, Entglasen des	39
—, Einfluß auf		—, Catechu-	294	—, Erblinden des	514
Luftwärme	490	—, China-	—	Gläser, Reinigung der	90
—, Einfluß auf Wit-		—, Eichen-	291.	Glas, Frauen-	245
terung	499	—, eisenbläuerde	291	Glaszylinder, calibrirte	85
—, Flög-	505	—, eisengrünende	294	—, graduirte	—
—, Kohlen-	503	—, Gallus-	292	Glasglocken, calibrirte	—
—, Kreide-	504	—, Kino-	294	—, graduirte	—
—, secundäres	505	—, künstliche	325.	Glas Kitt	92
—, Steinkohlen-	503	Serbsäure Salze	294	Glas Kolben	73
—, tertiäres	505	Serbstoff	289	Glas Kops, rother	258
—, Übergangs-	503	—, eisenbläuerder f. e.		Glasmachersseife — Man-	
—, Ur-	502	Serbäure	291	ganhyperoxyd	267
Gebirgshoden	516. 517	—, eisengrünender		Glasretorten	80
Gebirgsklima	498	f. e. Serbsäure	294	Glasstäbe	56
Gebirgsfeuer	93	—, gegen Holzfäulnis	609	Glasstrichter	96
Gebläse, Knallgas-	108	Serbstoffgehalt verschie-		Glas, Wasser-	223
Gebläseofen	65. 68	dener Vegetabilien	290	Glaubersalz	236
Gebirg des Theerofens	644	—, künstlicher	325.	Gleichartige Theile der	
Gediegene Metalle	145	Serinnfel	63	Körper	11
Gefäße, Reinigung der	99	Serinnung	—	Gliadin — Pflanzenleim	354
—, Stoßen ders. beim		Serölle	557	Glimmer, einariger	522
Rochen	72. 99.	Serfenzucker	315	Glimmerschiefer	526
Geigenharz	328. 657	Serüche, Vertreibung		Glimmerschieferboden	—
Gelb, Acacienblüten-	340	—	100.	Glimmer, zweiariger	522
—, Birkenblätter-	—	Geschiebe	557	Glocken, calibrirte	85
—, Blatt-	—	Geseße, chemische	19	Gläßen	87
—, Chelidonium-	—	Gestehen	63	Gläshige, Grade der	—
Gelbe Farbstoffe	339	Gesteinseuchter Boden	549	—, stärkste	108
Gelbeisenstein	253	Gestelle f. Stativ	98	Gläslampe, Davy's	151
Gelbe Pigmente f. g.		Gettenia	331	Gläspan	260
Farbstoffe	339	Gewicht, Apotheker-	100	Gluten	353
Gelbes Fichtenharz	656	—, Decimal-	—	Glycerin	318
—, Pech	657	—, bei chem. Opera-		Glycium — Beryllium	
Gelb, Euphorbien-	341	tionen	—	—	12. 13
—, Farbginster-	340	—, französ.	—	Glycyrrhizin	336
—, Ginster-	—	—, Grammen-	—	Gneis	525
—, Kartoffelblüten-	—	—, Medicin-	—	Gneisboden	—
—, Kreuzbeeren-	339	Gewitter	492	Gold	12. 13
—, Lichen parietinus-	—	Gibbsit	171. 250	Grade der Gläshige	87
—, Rhamnus-	—	Gießbeutel	91	Graduirte Glaszylinder	85
—, Scharten-	340	Gifte, Wirkung auf		— Glasglocken	—
—, Spiräa-	339	Pflanzen	459	Gramm	100
—, Wandflechten- f.		Ginstergelb	340	Grammengewicht	—
Lichen pariet.	—	Glanz, Antimon-	182	Gran	—
Gemenge	17	Glanzarfenickies	169	Granat	216. 218
Gemisch	—	—, Blei-	192	Grand	557
Generatio aequivoca	447	Glanze	181	Granit	523
—, determinata	448	Glanz, Eisen-	258	Granitboden	524
—, indeterminata	—	—, Kobalt-	182	Granit, Verwitterung	516
—, originaria	447	Glanz kobalt	—	Granuliren	55
—, primitiva	—	—, Kupfer-	—	Graphit	120
—, secundaria	448	—, Mangan-	267	Graphittiegel	89
—, seminales	—	—, Metall-	147	Graubraunsteinerz	267
—, spontanea	447	—, Molybdän-	152	Graueisenfies	182
Geognosie	500 (2)	—, Silberkupfer-	—	Graumanganerz	267

	Seite		Seite		Seite
Grauftein	529	Gutta Laban	331	Harz, Fichten-	656
Graufteinboden	—	Gyps	245. 522. 531.	—, Kiefern-	658
Graumacke	526	—boden	531. 538.	—, Seigen-	328. 657
Graumackeboden	—	—	564. 594	—, gelbes	657 (2)
Graumackengruppe	503	—, Einwirkung auf	—	Harzgewinnung	656
—, Bildung der	508	Vegetation 131. 406.	478	—, Literatur	8
Graumackenschiefer	526	Gypskitt	92	Harze, Summi-	332
Greenockit	182	—, Thon-	531	Harz, kautschukähnliches	—
Grobtalk	505	—, Thon- als Boden-	—	f. Gutta Percha	331
Großalmeroder Ziegel	89	bestandtheil	—	— Kitt	92
Grubengas	124	—, Verhalten zur	—	—, Pech-	658
Grubenverkohlung	655	Elektricität	554	—, schwarzes	656
Gründfeuchter Boden	549			— und Pechfiederei	—
Grundlagen f. Radicale	—	H = Wasserstoff	108	—, weißes	—
Grundnasser Boden	—	H = 1 Doppelatom	—	Gafelerde	530
Grundstoffe	12. 13	Wasserstoff	—	Gafelnußöl 319. 677 (2)	—
—, metallische =	—	H = Wasser	—	— 678 (2)	—
Metalle	13. 145	H = Wasserstoffhyper-	—	Haube des Reilers	677
—, nicht metallische	13. 101	oxyd	—	Haufen, Feuerhaus der	636
Grün, Blasen-	350	H = Schwefelwasser-	—	—, Kopf der	—
Grüne Farbstoffe	348	stoff	130	—, Segel der	—
Grüneisererde	217	H = Humusäure	370	—, Verkohlung in	635
Grüneisenstein	213	H = Selenwasserstoff	—	Haumannit	171
Grüne Pigmente	348	H = Zellulrwaterstoff	182	Heber	94
Grünerde	217	Haarkies	—	Hectogramme	100
Grüner Thee, Gerb-	—	Hasersamen, Aschenbe-	388	Heidelbeeren, Aschenbe-	—
stoffgehalt	290	standtheile	—	standtheile	386
Grün, Holz-	350	Hagel	488. 495	— branntwein	674 (2)
—, Kreuzbeeren-	—	Haidoboden	543	— essig	676
—, Rhamnus-	—	Hainbuchenboden	556	—, Harbstoff	345
—, Saft-	300	Hainen	540	Heizmaterial, Wasser-	—
Grünstein	527	Halbbasische Salze	48	stoff als	108
Grünsteinboden	—	Halbmetalle	151. 155	Heizung bei chem. Dye-	—
Grus	557	Halhydrate	45	rationen	64. 93
Summäte = Summi-	—	Halogenas = Chlor	130	— mit Wasserstoffgas	108
arten	311	Halogenia corpora	44	Hektogramm	100
Summäte = Verbindun-	—	Haloide	44. 138	Hellmachen der Flüssig-	—
gen des Summi mit	—	Haloisalz	46.	keiten	98
Basen.	—	—, basische	48	— des Glases	99
Summi	—	—, saure	47	Helm, Destillir-	78. 79
—, Amylon- = Stär-	—	Hammer	54	— tubulirter	75
kegummi	311. 375.	Hammer Schlag	260	Hepar sulphuris	130
—, arabisches	314	Hanf, Aschenbestand-	—	Hepatisches Gas	—
—, Blei-	219	theile	389	Hepatische Luft	—
—, elastisches	328	Hanföl	319. 678 (2)	— Wasser	131
—, gutt	332	Hanffamen, Aschenbe-	389	Heßische Ziegel	80
—, harze	—	standtheile	—	Heterogene Theile =	—
—, Kirschen-	314	—, nähere Bestand-	439	ungleichartige Theile	11
—, Mimosen-	332	theile	—	Heteromorphie	35
—, refinieren	314	Harthe Körper, Berkei-	54. 80	Hg = Quecksilber	34
—, Senegal-	329	nerung	—	Hg = 2 Atome Quecksilber.	—
Summiispeck	311. 375.	Harthen des Stahls	254	Hg = Quecksilberoxyd.	—
—, Stärkmehl-	375. 379	Harthes Wasser	109	Hg = Doppeltschwefel-	—
Sußeisen	254	Hartriegelkernöl	677	quecksilber.	—
—, Unterschied von	—	Harz, Burgunder- =	—	H = Einfachschwefel-	—
Schmiedeeisen	255	B. Pech	657	quecksilber.	—
Sußeiserne Schmelztie-	90	—, Feder-	328	Hirschhornsalz = mit	—
gel	—				
Gutta Percha	331				

	Seite		Seite		Seite
Brandöl verunreinigtes		Holz säule, nasse	604	Holz, Trockensäule des,	
Kohlensaures Ammoniak		— säule, trockne	—	Literatur	7
Stige, größte	108	— säule, Literatur	7	—, Trocknen	410. 605
— Ofen-		— säulniß, Mittel ge-	603. 608	—, Literatur	7
(Geffström's Ofen)	68	— säulniß, Theorie	366. 417	—, Überzüge gegen	607
Hollunderbeerenbrannt-		—, Fehler des	428	Säulniß	607
wein	674	—, Festigkeit	406	—, Verhalten, che-	415
Hollunderbeerenessig	676	—, Form zum Ver-		— misches	zur Elektr.
Hollunderbeeren, Farb-		kohlen	624	— cität	390
stoff der	345	—, Gewicht, specif.	399. 423	Holzverkohlung in Cy-	
Hollunderholz, Aschenbe-		— Gewicht, specif., Li-	5	lindern	651
standtheile	386	—, Härte	403	— in gemauerten	
Holzameise	280	—, Heizkraft	420	Ofen	643
Holz, anbrüchiges	429	—, Heizkraft, Bestim-	422. 424. 428	—, Haufen	635
—, Anschwellen in		— humus	418	—, Weilern	625
Wasser	410	—, hygroskop. Feuch-	410. 412	—, Ofen mit	642
— asche, Bestand-		tigheit	429	Lufteintritt	652
theile	385—387. 390	—, Kernschale des	93	— italienische	
—, Auskochen des	606	—, Kitt	428	—, Literatur	6. 7
—, Austrocknen	410. 605	—, Kernklüfte des	419	—, Zweck	622
—, Literatur	7	—, leuchtendes	429	Holzverwesung	415
—, Ausziehen der		—, maseriges	613	—, Theorie	417
löst. Bestandtheile des	606	—, metallisirtes	413	Holz, Wasseranziehung	410
—, Ausziehen der löslichen		—, physikal. Eigen-	410	—, Wassergehalt	395
Bestandtheile durch flie-		schaften	399. 413	Holzwerthberechnung	
ßendes Wasser		—, Quellen im Was-	410	nach Brennkraft	427
—, Bestandtheile		ser	410	Holz, Widerstand gegen	
nähere	397. 442	—, Reißen des	412. 605	—, Lörson	405
—, Brennbarkeit	420	—, Saftgehalt	395	—, Zähigkeit	407
—, Brennkraft		— säure = Holzef-	376. 649	Homogene Körper =	
—, Brennkraft, Bestim-		fig	648	gleichartige Körper	11
mung	422. 424. 428	— säurebereitung, Aus-	604	Honiglifernde Blüten	436
—, Brennwerth	420	beute bei	604	Honigthau	462
—, Brennwerth, Literat.	5	schwamm	7	Hornblende	522
—, chemische Eigen-		schwamm, Literatur	618	Hornery, Blei-	202
schaften	415	schwamm, Mittel ge-	618	—, Quecksilber-	—
— conservation	604	gen	399. 423	—, Silber-	—
— conservation, Literatur	7	—, Schwere	5	Humate	371
—, Dämpfen des	606	—, Schwere, Literatur	410	Humicum acidum	370
—, Dauer	408	—, Schwinden	405	Humoser Boden	565 (2)
—, Dauer, Literatur	5	—, Schwinden, Literatur	405	Humus	369. 542
—, Dichtigkeit	403	—, Spaltigkeit	405	Humus, Ader-	418
—, Eigenschaften,		—, specif. Gewicht	399. 423	—, abstringirender	548
chemische	415	— spec. Gewicht, Literat.	5	— als Bodenbestand-	
—, Eigenschaften, phy-		— Splint, doppel-	429	theil	542
sikalische	399. 413	—, Stärke und Fe-	406	— armer Boden	565
—, Eislüfte des	428	stigkeit	406	— arten	546
—, Elasticität	407	Literatur	5	—, auflöslicher	—
— essig	376. 649	—, Stärkmehlgehalt	308	—, basischer	547
— essig, Gewinn. aus		—, Tragkraft	406. 407	—, Bestimmung,	
Braunkohlen, Cumpfs-		—, Tränken mit säul-	607	quantität.	577. 583
erde u.	650	nistwidrigen Stoffen	607	Humusbildung	366. 416. 542
Holzeffig, Gewinn. aus		—, Trockensäule des	604	—, Beförderung	598
Weilern	629			Humusboden	566
—, Reinigung	650			—, kalkiger	—
Holz, Farbe	399			—, lehmiger	—
—, fauer	300			—, mergeliger	—
—, faules, leuchtendes	419			—, sandiger	—

	Seite		Seite		Seite
Humusboden, thoniger	566	In, Bedeutung als End-		Erdene Ziegel	89
Humusertract	545	sybte	52	Iridium	19 13.
Humusfeuchter Boden	549	Indifferente Körper	42. 300	Iris, blauer Farbstoff	348
Humusgehalt des Bo-		Indig = Indigo	345	Irrlichter	135
dens, Bestimmung	577.	Indigblau	347	Iriswische	—
Humus, Holz-	418	Indigschwefelsäure	—	Isatis tinctoria	345
—, kohlige	370	Indigunterschwefelsäure	—	Isländischmoosbitter	—
—, milcher	547	Indigbraun	346 (2)	— = Ectrarin	334
Humusreicher Boden	565	Indigcarmin s. Carmin,		Isomerie	39
Humusssäure	370	blauer		Isomorphie	35
—, saure, Aussmittlung	579	Indigleim	346	Ite, Bedeutung als	
Humus, saurer	546	Indigo	345	Endsybte	52
Humussaure Salze	371	Indigoauflösung	346. 348	Italienische Pappelrinde,	
Humus, Verflüchtigung	544	—, Desorption	347	Gerbstoffgehalt	290
—, Verhalten, physik-		Indigoentfärbung durch		Verkohlungsmen-	
kalisches	545	Vegetation	337	thode	634
Humusvermögender Bo-		—, Reduction	347	Juraformation	504
den	565	Indigotinctur	346. 348	Jurakalk	504
Humus, vollkommenen lie-		Indigpurpur	347	Jurtafposition	16. 28
fernde Pflanzen	601	Indigroth	346		
—, Walb-	546	Indigsäure	347		
Hut, Destillir-	79	Indigweiß	—	K = Kalium	33
Hutzucker	315	Inductive Verwandt-		K = Kali	221
Hydrate	45. 52	schaft	16	K̄ = Kaliumhyperoxyd	
Hydratwasser	109	Inflammable Luft	106	k̄ = Einfachschwefel-	
Hydrargyrum	34	Infundiren	74	Kalium	
Hydrochlorsäure	140	Infusion	—	k̄ = Zweifachschwefel-	
Hydrocyanssäure s.		Inspissiren = Eindicken	75	Kalium	
Cyanwasserstoff	144	Instrumente, chemische	54—100	K̄ = Dreifachschwefel-	
Hydrofluorssäure	143	Ioula	310	Kalium	
Hydrogenas	106	Inulin	—	K̄ = Vierfachschwefel-	
Hydrogenium	—	Iod	142	Kalium	
Hydrophyllit	247	Iodete	143. 204	K̄ = Fünffachschwefel-	
Hydrostatische Presse	58	Iodide	50. 143	Kalium	
Hydrothiongas	130	Iodmetalle	143. 204	K̄ = Selenkalium	
Hydrothionsäure	—	Iodsäure	143	K̄ = Tellurkalium	
Hygroskopisches Wasser	109	Iodstickstoff	—	K̄ = Kabbigbeeren s. Wach-	
Hyperchlorid	51	Iodtinctur	142	holderbeeren	
Hyperchlorür	—	Iodüre	50. 143	Kali	221. 523
Hyperoxyd	49	Iodverbindungen	—	Kalialgun	253
Hyperoxydul	—	Iodwasserstoff	—	Kali, Ag-	221
Hyperoxyd	—	Iodwasserstoff	341	Kalibisulphat = zwei-	
		Iohannisblut	344	fachschwefelsaures Kali	224
		Iohannisbrautroth	95	—, blausaures =	
		Iosephpapier	89	Cyankalium	223
		Ipsier Ziegel s. J.	33	—, blausaures Eisen,	
I = Iod	142	Ir = Iridium		gelbes = Kalium-	
I = I Doppelatom Iod		I = 2 Atome Iridium		eisencyanür	261
... I = Iodsäure	143	Ir = Iridiumoxydul		—, blausaures Ei-	
... I = Überiodsäure		Ir = Iridiumsesquioxypul		sen-, rothes = Kalium-	
Sagbpulver	226	Ir = Iridiumoxyd		eisencyanid	262
Sabelle'sche Lauge	232	Ir = Iridiumsesquioxypul		— carbonat = koh-	
Id, Bedeutung als End-		Ir = Iridiumsesquioxypul		lenisaures Kali	223
sybte	52	Ir = Iridiumsesquioxypul		Kalichlorat = chlorsau-	
Idokras	216	Ir = Iridiumsesquioxypul		res Kali	223
Ilex aquifolium	327	Ir = Iridiumsesquioxypul		—, chlorsaures	—
Ilmenium	12	Ir = Iridiumsesquioxypul			
Imbibiren = Tränken,		Ir = Iridiumsesquioxypul			
Anfeuchten		Ir = Iridiumsesquioxypul			
Imprägniren	57	Ir = Iridiumsesquioxypul			

Seite		Seite		Seite	
Kali, doppeltschwefel-		Kalk, dichter	529	Kalk, salzsaurer ==	
saures	224	Kalkerde	243. 523	Chlorcalcium	246
—, einfachschwefel-		— bicarbonat == dop-		— gegen Holz-	
saures	223	peltkohlen saure Kalk-		fäulniß f. Chlorcal-	
— eisenblausaures ==		erde	244	cium	608
Kaliumeisencyanür	261	— biphosphat ==		— sand	558
Kalifeldspath	522	doppeltphosphorsaure		— sandstein	531
—, humus saures	371	Kalkerde	246	— sandsteinboden	—
—, kiesel saures	232	— carbonat ==		—, Schaum-	244
—, kiesel saures ==		kohlen saure Kalkerde		—, schwefelsaurer als	
oxal saures Kali	262	244. 462. 536		Bodenbestandtheil	538
—, kohlen saures	223	—, doppeltkohlen-		— spath	522
—, kohlen saures als		saure	244	— stein	208. 529
Bodenbestandtheil	540	—, doppeltphosphor-		—, tochter == gelösch-	
—, mangansaures	267	saure	246	ter Kalk	243
Kalinaltronscarbonat	235	—, humus saure	371	—, todtgebrannter	—
Kalinaltron, kohlen saures	—	—, kiesel saure == K.		— tuff	530
Kalinaltron, weinborax-		Silicat	217	— tuffboden	—
saures	48	—, kohlen saure	244.	—, Ur- == Kalk des	
Kalinitrat == salpeter-		462. 536		Urgebirges	503
saures Kali	224	— phosphat ==		—, Verhalten zur	
—, oxal saures	282	phosphor saure K.	246	Electricität	554
Kalifalpetter	224	—, phosphor saure	—	— wasser	244
—, salpetersaures	—	—, —, basische	—	—, zerfallener	—
Kalifalze	223	—, —, halb basische	—	Kalmus, Aschenbestand-	
—, salz saures ==		—, —, neutrale	—	theile f. Acorus C.	388
Chlorcalcium		—, salpetersaure	244	Kälte, Einfluß auf Ve-	
—, sauerklee saures ==		— salze	—	getation	490
oxal saures Kali	282	—, schwefelsaure	245	Kaltgründiger Boden	548
—, schwefelsaures	223	—, schwefelsaure, Ein-		Kamillenblüten, Aschen-	
—, schwefelsaures, neu-		fluß auf Vegetation		bestandtheile f. Matri-	
trales	—	131. 466. 478		caria Cham.	389
—, schwefelsaures,		— silicat	217	—, Bestandtheile,	
saures == zweifach-		— sulphat == schwe-		nähere	434
schwefelsaures Kali	224	felsaure Kalkerde	245	Kampfer	321. 323
Kalifulphat == schwe-		—, zweifachkohlen-		—, Asarum-	324
felsaures Kali	223	saure	244	—, Birken-	323
—, übermangan saur-		—, zweifachphosphor-		—, Canthariden-	—
res	267	saure	246	—, Haselwurz-	324
—, weinborax saures	136	Kalkfeldspath	522	—, Melilotus-	—
Kalium	221	Kalk, fetter	243	—, Meloe-	323
—, Cyan-	233	—, Flöz-	505	—, Spanisch - Fliegen-	—
Kaliumeisen cyanid	262	—, gebrannter	243	—, Steinlee- f. Re-	
—, Reactionen auf		— gegen Holz säulniß	608	silotuskampfer	324
Metalle	207	—, gelöschter	243	—, Konfa-	—
Kaliumeisen cyanür	262	—, Grob-	505	Kandiszucker	315
—, Reactionen auf		—, hydraulischer	244	Kapelle	65. 72
Metalle	207	—, Sura-	504	Kapellenofen	65
Kali, zweifachschwefel-		— titt	92	Kapnomor	378
saures	224	—, lebendiger == un-		Kappe des Theerofens	643
Kalk == Kalkerde	243	gelöschter K.	243	Karamel	316
— als Bodenbestand-		—, magerer	—	Karmin f. C.	
theil	538. 538.	—, mergel	534	Karpathischer Serpentin	327
—, ägender	243	— metall	243	Kartoffelblütengelb	340
— boden	530. 563. 565.	— Metall-	175	Kartoffelkraut, Aschenbe-	
	590. 594	— milch	244	standtheile	385. 386. 389
— boden, lehmiger	566	— Muschel-	504	Kartoffel, Stärkemehlgelb.	308
— boden, sandiger	—	— salpeter == salpeter-		Käsefitt	92
— boden, thoniger	—	saure Kalkerde	224	Käsestoff	353
— brei	244	— salze	244	Kastanienblüten, Aschen-	
—, Gerithen-	505			bestandtheile	386

	Seite		Seite		Seite
Kastanienfrüchte, wilde,		Kies, Magnet-	182	Kitt, Ofen-	92
Bestandtheile, nähere	438	—, Schwefel-	—	—, Porzellan-	—
Kastanienrinde, Gerb-		—, Wasser-	263	—, Stein-	—
stoffgehalt	290 (2)	—, Kies-	181	—, Wachs-	—
Katalyse	15	Kiesel	136	—, wasserdichter	92 (2)
Katalytische Kraft	—	—, Allotropie	—	Klären	98
— der Metalle	149	—, Eisen-	217	Klatzrosenblüten, Be-	—
Katechugersäure	294	—, erde	137	standtheile, nähere	435
Kaupe	518	—, erde als Boden-	523	Klay	534. 555
Kauftische Alkalien	177	bestandtheil	532	Kleber	353
— alkalische Erden	—	—, erdgehalt der	—	Klebwachs	92
Kauftisches Ammoniak	—	Pflanzen	136. 391	Klee, Aschenbestandtheile	385
— Ammoniak	239	—, feuchtigkeit	233	Kleesalz	283
Kauftischer Baryt =	—	—, fluormetalle	144	Kleesäure	281
Agbaryt	242	—, flußsäure	—	Kleesaures Ammoniak =	—
Kauftisches Kali =	—	—, galmei	217 (2)	oxalsaures Ammoniak	283
Agkali	221	—, malachit	217	—, Kali	—
Kauftischer Kalk = Ag-	—	—, mangan	—	Kleesaure Salze	—
Kalk	243	—, Modificationen	—	Kleister	92. 309
Kauftisches Natron =	—	des	136	Klima	497
Agnatron	234	—, saure	136. 523	—, Flußniederungen	498
Kautschuk	328	—, saure Alaunerde	252	—, Gebirgs-	—
Kautschukauflösung	—	—, saure als Bodenbe-	—	—, Hochebenen-	—
Kautschukfirniß	—	standtheil	532	—, Küsten-	497
Kautschuköl	—	—, säuregehalt der	—	—, meeresgleicher	—
Kehrsalpeter	224	Pflanzen	136. 391	Ebenen	—
Keimen der Pflanzen	452	—, saure Bittererde	249	—, Thal-	498
Keimung, Bedingungen	—	—, saures Eisenoryd	259	Knallgas	108
—, Beförderung der	—	—, saures Eisenorydul	258	Knallgebläse	—
—, 140. 143 (2).	484	—, saures Kali	232	Knallluft = Knallgas	—
—, Theorie	453	—, saurer Kalk	217	Knallpulver, Literatur	6
Kernklüfte des Holzes	428	—, saure Magnesia	249	Knallquecksilber	144
Kernrisse des Holzes	—	—, saure Manganorydul	266	Knallsäure	—
Kernschale	429	—, saures Natron	237	Knallsaures Quecksilber-	—
Kernschlamm	104	—, saure Salze	138	oryd	—
Kessel	75	—, saure Talkerde	249	Knistern	77. 88.
—, Branntwein =	—	—, saure Thonerde	252	Knisterfals	238
Destillirblase	78	Killinit	216	Knoblauchöl	324
Kesselftein	245	Kinogersäure	294	Knodemasche = Kno-	—
Keule, Mörsel-	54	Kirschen, Bestandtheile,	—	chenerde	246
Kiefernboden	556	—, nähere	440	Knodenerde	—
Kiefernadeln, Aschenbe-	—	Kirschgummi	314	Knoppenn	291
standtheile	387	Kirschölnöl	319	Koaks	368
Kiefernadelöl	678	Kissinger Wasser	122	Kobalt	12. 13
Kiefernbrande	644	Kitte	91	Kobaltvitriol	210
Kienöl	—	Kitt, Eisen-	92	Kochringe	98
Kienruß	658	—, fetter	—	Kochsalz	238
—, Bestandtheile	659	—, feuerfester	—	—, gegen Holzäulniß	608
—, brennen	658	—, für Ammoniak	—	Kochsalzgeist = Salz-	140
—, ofen	—	—, Säuren	—	—, saure	—
—, Reinigung	660	—, Wassergefäße	—	Kochsalzsäure = Salz-	—
—, surrogat	—	—, Gasentwick-	—	—, saure	—
Kies	556. 557	lung	—	Kochen, Stoßen beim	72. 99
—, Einfluß auf Bo-	—	—, Glas-	—	Kohls f. Coaks	368
denbeschaffenheit	558	—, Gyps-	—	Kohle	191
Kiese	181	—, Harz-	—	—, braune	651
Kies, Eisen-	263	—, Holz-	93	—, Eigenschaften	131. 637
—, Graueisen-	182	—, Kalt-	92	—, Einwirkung auf	—
—, Haar-	—	—, Käse-	—	Vegetation	544. 550. 553
—, Kupfer-	—	—, Marmor-	—	—, Gasabsorption	550
		—, Metall-	93		

	Seite		Seite		Seite
Kohle, gute, Zeichen der	637	Kohlenmeiler, große, Vor-	628	Kohlenvolumen, Verhalten	
—, leicht entzündliche	651	züge derselben	628	zum Gewicht	642
Kohlenarten, Brennwerth		—, Haube	627	Kohlenwasserstoff im	
der verschiedenen	638.	—, Holzestig aus	629	Maxim. des Kohlen-	
Kohlenbrennen	622	dem	629	stoffs	124
—, Arten desselben	625	—, kleine, Vorzüge	628	— im Minim. des	
—, Ausbeute beim		der	628	Kohlenstoffs	—
622. 640. 641 (2)	642	—, liegende	628.	—, leichter	—
—, Form des Holzes		—, Mittelräume	632	—, schwerer	—
beim	624	—, Räume der	631	Kohlenwasserstoffverbin-	
—, Jahreszeit zum		—, Richtung beim	628	dungen	—
— in Cylindern	651	Anzünden	628	Kohlenziehen	633
— in gemauerten		—, Koft des	628	Kohle, Humus-	370
Öfen	643	—, Küftung des	630	—, Pulver-	651
— in Gruben	655	—, Schlägen des	632 (2)	Köhlerci f. Kohlenbren-	
— in Häufen	635	—, Schichten des	629	nerci	622
— in liegenden		—, Schwichen des	632	Kohle, Roth-	651
Werken	—	—, Schwarzmachen	630	—, Darstellung	—
— in Meilern	625	des	630	in Meilern	—
— in Öfen	642	—, stehender	626.	—, Schießpulver-	—
— in Öfen mit		—, Stoßen des	632 (2)	—, specif. Gewicht	637
Lufstautritt	652	—, Theer aus dem	629	—, schlechte, Zeichen	—
— Literatur	6	—, Treiben des	632	der	—
— Ort zum	624	—, Umsassen des	626	Kohlfaatöl	319
Kohlenbrennerei	622	—, Verbrückung des	632	Kolben, Blei- f. Vorlage	143
—, italienische	634	—, Werfen des	632	—, Destillir-	78
—, Arten der	625	—, Zubrennen	635	—, Digerir-	73
—, Zweck der	622	Kohlenöfen, Schwarz's	653	—, Glas-	—
Kohlenbrenner, Bahr-		—, Chabcaussiere's	122	—, Platin- f. Vor-	
hammer der	633	Kohlenoxydgas	633	lage	143
Kohlendampf } = bei un-		Kohlen, Quandel-	633	Kollotthar	128
Kohlendunst } vollkom-		—, Rech-	634	Kolophonium	328. 657
menem Verbrennen		Kohlensandstein	531	Kolophonensäure	328
der Kohle erzeugtes,		Kohlensäure	122	König der Metalle	635
brandölhaltiges Koh-		Kohlensaures Ammoniak	240	— der Metalle	141
lenoxyd		Kohlensäure, Bestim-	588	—, Metall-	145
Kohlenfeuer	93	mung	249	Königswasser	141
Kohlengas = Leuchtgas		Kohlensaure Bittererde	122	—, Verhalten zu Me-	
aus Steinkohle		Kohlensäuregas = Koh-	223	tallen	162
Kohlengebirge	503	lenensäure	223	Koofk f. Coats	368
Kohlengewicht, Verhal-		Kohlensaures Kali	236	Kopaidbalsamöl	322
ten zum Volumen	642	— Kalinatron	244	Kopal	328
Kohlen, Leis-	634	Kohlensaure Kalkerde	249	Kopf der Kohlenhäufen	636
Kohlenlöschc = mit Erde		— Magnesia f. Koh-	235	— liegender Werke	—
gemengter Kohlenstaub		lenisaure Bittererde	236	Körbchen, Untersatz-	74
Kohlenmeiler	626	Kohlensaures Natron	123	Kornblumenblau	348
—, Abhählen des	632	— Natronkali	240	Körper, amphigene	44
—, Abkühlen des	633	Kohlensaure Salze	240	—, amphotere	42
—, Anzünden	631	— Kalkerde f. Koh-	347	—, einfache	12. 13
—, Böhen des	632	lenisaure Bittererde	120	—, indifferent 42.	
—, Decke	625. 626	Kohlensäure Bittererde	121	—, leichtester	270. 300
—, Errichtung	626	Kohlensäuregas	121	—, organische	268
—, Explosion	632	Kohlensäurebestimmung	272	Körper, organische, Zer-	
—, Füllen	—	in organ. Stoffen	122	setzung an der Luft	356
—, Füllloch	631	Kohlensäureoxyd	131	— durch anorganische	
—, Füllräume des	632	Kohlensäure, Schwefel-	464	Säuren	379
—, flüssige Produkte		—, Ursprung dess. in	122	—, Zerlegung	
aus dem	629	Pflanzen	90	durch Wärme	375
—, Form	630	Kohlentiegel		—, Zerlegung	
—, Gahre	633				
—, Größe	627				



	Seite		Seite		Seite
durch Wärme nebst Luft	375	L = Milchsäure	363,	Lehmboden	561. 565.
Korund	250	auch Selenlithium	—	—	566. 567. 590
Kraft, katalytische	15	L = Tellurlithium	—	—, humusreicher	566
— der Metalle	149	La = Lanthan	33	—, kältiger	562
Krankheiten der Forst-	—	La = L = Milchsäure	363	—, mergelkältiger	566
gewächse	496	Labkrautroth	343	—, milder	—
Kräuter, Aschenbestand-	—	Laboratorium, Chem.	53	—, salziger	562
theile 385. 386. 387.	389	—, Literatur	2	—, sandiger	561. 566
Krautrübensamenöl	678	Labrador	522	—, starker	—
Kreide	530	Lachgas	116	—, strenger	—
— boden	530. 563	Lacke	328. 339	Lehmumpfboden	518 (2)
— gebirge	504	Lackfarben = Lacke	—	Lehm, Veränderung an	—
—, spanische	249	Lackfirnisse	328	— durch Glühen	536
—, venetianische	—	Lackmus	343	Leichteerde, Gerbstoff-	—
Kreosot	378. 379	Lackmuspapier	—	gehalt	290 (3)
— gegen Holzäule	609	Lackmustrinctur	—	Leichter Boden	554
—, Literatur	8	Lactate	363	Leichtester Stoff	107
Kreosotamenöl	678	Lacticum acidum	—	Leichtmetalle	155. 221
Kreuzbeerengrün	350	Lamellicren	55	Leim, Pflanzen-	354 (2)
Krümelzucker	317. 379	Lampe, Berzelius'	70	—, Vogel-	327
Kryolith	205	—, Davy's 105. 124. 151	151	Lein, Aschenbestandtheile	389
Kryostalle, Anschließen der	76	—, doppelzügige	70	f. Linum	389
Kryostallhaut	—	—, Fuchs'	—	Leindotteröl	319. 678
Kryostallisation	75	—, Glüh-	151	Leinöl	319. —
Kryostallmehl	76	—, Sicherheits- 105. 124	124	— gegen Holzäule	609
Kryostallwasser	109	Land, aufgeschwemmtes	—	Leinsamen, Aschenbe-	—
Rüchensalz = Chlorna-	—	= Alluvium	510	standtheile	388
trium	238	Lanthan	12	—, Bestandtheile, nä-	—
Kugelapparat Liebig's	—	Lärchenrinde, Gerbstoff-	—	here	439
Fig. 102. d.	272	gehalt	290	Leinsamenschleim	314
Kühlapparate	79. 80	Laterne, Davy's 105. 124	124	Leithölzer des Kohlen-	—
Kühlfäß	79	—, Sicherheits- —	—	meilers	634
Kümmelsamen, Bestand-	—	Laub, Aschenbestand-	—	Leichenrinde, Gerbstoff-	—
theile, nähere	441	theile 385 (2) 386. 387	387	gehalt	290
Kupfer	12. 13	Laubholzaschenbestand-	—	Leisekohlen	634
—, Bronziren des	158	theile 385 (2) 386 (2)	—	Letten	535
—, Bruniren des	—	Lauser	54	Leuchten des Holzes	419
—, Entdeckung im	—	Laugensalze = Alkalien	—	— der Pflanzen	463
Branntwein	164	45. 50. 155	155	— der Wasserstoff-	—
Kupferglanz	182	Laugensalz, flüchtiges	—	flamme	106
Kupferindig	—	= Ammoniak	238	— der Weingeist-	—
Kupferkies	—	—, mineralisches =	—	flamme	369
Kupferlasur	208	Natron	234	Leuchtgas	124
Kupfernickel	169	—, Pflanzen- =	—	Leuchtmaterial, Wasser-	—
Kupferschwärze	172	Kali	221	stoff als	108
Kupferüberzug, platin-	—	—, vegetabilisches =	—	—, Weingeist als	369
ähnlicher	158	Kali	—	Leucit	217
Kupfervitriol	210	Laumontit	216	Leuzol	379
Kuppel, Ofen-	65	Lebenskraft	451	Li = Lithium	33
Kürbiskernöl	319. 678	Lebensluft = Sauerstoff	102	Lithienit	213
Kurkuma f. C.	—	Lebensprozeß der Pflan-	—	Lichen calcareus	343
Küstenklima	497	zen	447	— corallinus	—
Kyanisirtes Holz	609	Lebergas = Schwefel-	—	— omphalodes	—
Kyanol	379	Leberluft wasserstoff	130	— parietinus	339
		Lecanora	342. 343	— saxatilis	343
L = Lithium	33	Legirungen	51. 168	Lichenin	310
Li = Lithiumoryd oder	—	Legirung, Rose's	171	Lichtbrechungsvermögen,	—
Lithion	—	Legumin	353	kleinstes	103
Li = Schwefellithium	—	Lehm	534	Licht, Einfluß auf Pflan-	—
				zen	463. 482

	Seite		Seite		Seite
Richt, Einfluß auf Pflanzen		Rösselkrautöl	324	Luft, verdorbene ==	
durch Wasserstoff er-		Rössel, Platin-	71	Stickstoff	110
festbar	464	Rorbeeröl	673	Luftwärme	489
— entwicklung durch		Rösche, Kohlen- == mit		Luftwechsel im Boden	550
Pflanzen	483	Erde gemengter Koh-		Luft, Wonne- == Stick-	
—, chemische Wirkung		lenstaub		stoffoxydul	116
20. 23. 463.	482	Röschen des Kalts	243	Luftgas	—
—, Drummond's	105	Rösung 17. 55. 61. 62.	458	Lutcolin	339
—, stärkstes	103	Röthrohr	71		
Liegende Werke	635	—, Literatur	2		
—, Feuerhaus d.	636	Röthrohrlöffel	71	M == Äpfelsäure	285
—, Kopf der	—	Röthrohrzange	—	Maceriren	58
—, Segel der	—	Rucernegels	341	Macrochemische Opera-	
Vieorit	217 (2)	Luft	12. 112. 487	tionen	53
Lignin	300	— abschluß, Erhitzen,		Madia sativa, Samen,	
Ligurit	217	beim	108	Aschenbestandtheile	388
Lindenblätter, Aschenbe-		—, atmosphärische	112. 487	Magnesia	247. 523
standtheile s. Laub	387	— ballon	107. 125	Magnesia alba	249
Lindenblüten, Bestand-		— beständige Salze	77	Magnesia als Bodenbe-	
theile, nähere	434	—, brennbare ==		standtheil	538
Lindenholz, Aschenbe-		Wasserstoff	106	—, basischkohlensaure	249
standtheile	386. 387	—, dephlogistisirte ==		bicarbonat ==	
Lindenlaub, Aschenbe-		Sauerstoff	102	zweifach kohlensaure	
standtheile	—	— electricität	491	Magnesia	—
Lindenrinde, Aschenbe-		— electricität, Erfor-		carbonat ==	
standtheile	—	schung	492	kohlensaure Magnesia	—
Lindensamenöl	677	—, entzündliche ==		—, doppeltkoh-	
Linsensamen, Aschenbe-		Wasserstoff	106	len saure	—
standtheile	389	— feuchter Boden	549	—, humus saure	371
Linum usitatissimum	—	— feuchtigkeit	499	—, kalkcarbonat	249
Literatur	1	—, fire	122	—, kiesel saure, neu-	
—, Agriculturchemie	3. 4	—, flüchtige == Am-		trale	—
—, Austrocknen des		monial	238	—, zweidrittel-	—
Holzes	7	— gütemesser 86. 114.	115	—, kohlensaure	—
—, Bodenkunde	4	—, hepatische	130	—, neutrale	—
—, Brennmaterialien	6. 7	—, inflammable ==		—, salze	247
—, Chemie, analytische	2	Wasserstoff	106	—, salz saure ==	
—, reine	1	—, Lebens- == Sauer-		Chlormagnesium	249
—, technische	3	stoff	102	— gegen	
—, Cupion	8	—, Leber- == Schwe-		Holzsäulniß s.	
—, Forst-, allgemeine	1	felwasserstoff	130	Chlormagnesium	608
—, Forstbenutzung	5	—, mephitische ==		—, schwefel saure	248
—, Forstchemie	3	Kohlensaure	122	—, silicat == kie-	
—, Forstphysik	5	—, nasser Boden	549	fels saure Magnesia	249
—, Forsttechnologie	—	—, nitröse == Stick-		—, sulphat == Schwe-	
—, Holzconservation	7	stoffoxyd	116	fels saure Magnesia	248
—, Holzschwamm	—	—, phlogistisirte ==		—, verbindungen	
—, Holzverkohlung	6.	Stickstoff	110	s. Salze	247
—, Knallpulver	6	—, Phosphor- ==		—, weiße == koh-	
—, Kohlenbrennen	6. 7	Phosphorwasserstoff	134	len saure Magnesia	249
—, Kreosot	8	—, respirable ==		—, zweifachkohlen-	
—, Pflanzenphysiologie	4	Sauerstoff	102	saure	—
—, Physik	5	—, Salpeter- == sal-		Magnesit	208
—, Schießbaumwolle		petrige Säure	116	Magnesium	247
—, Schießpulver	6. 307	—, saure	122	—, Chlor-	249
—, Schießpulver	6	—, Schwefelleber-	130	—, gegen Holz-	
—, Stöchiometrie	2. 3	—, Schwefel-, stin-		säulniß	608
—, Technologie	5	kende == Schwefelwas-		Magnetisenstein	171. 260
—, Torf	5. 7	serstoff	—	Magnetismus der Me-	
—, Trocknen d. Holzes	—	— temperatur	489	talle	149
Lithium	12. 13			Magnetties	182

	Seite		Seite		Seite
Rabalebtschholz,		Margarin	319	Reiler, Schichten der	629
Aschenbestandtheile	386	Margarinsäure	—	—, Schwarzmachen	—
Raisand	557	Margarit	216	der	630
Raisamen, Aschenbe-		Marienbad	73	—, Schwingen der	637
standtheile	388	Marmorkitt	92	—, Stätte, Verriethung	—
Raisstroh, Aschenbe-		Marschboden	518 (2)	der	636
standtheile	—	Maser des Holzes	429	—, stehender	626. 627
Rakrochemische Opera-		Rastbuche = Buche	—	—, Stoßen der	632 (2)
tionen	53	Rastkitt	93	—, Theer aus	629
Malachit	208	Matière incrustante	300	—, Treiben	632
Malate	286	Matricaria Chamomilla,	—	—, Umfassen	—
Maleinsäure	—	Aschenbestandtheile	389	—, Verbrühen	626
Malicum acidum	285	Mauersalpeter = jedes	—	—, Verkohlung	625
Mandelöl	319. 678 (2)	Mauersalz aus Mauern	—	—, Werfen der	632
Mangan	263	ausgewitterte Salz,	—	—, Zubrennen	—
—, als Bodenbestand-		bald aus Kali- und	—	—, Zündröhre der	629
theil	542	Kaltpalpete, bald aus	—	Melasse	315 (2) 316
— blende	267	schwefel- oder kohlenf.	—	Melilith	217
— chlorür	—	Matron bestehend	—	Melilotenkampfer	324
— deutoryd	266	Me = Metonsäure	—	Melotenkampfer	323
— erz, Roth-	265	Mechanische Operationen	53	Membran, thierische zur	—
— glanz	182. 267	Medicagogelb	341	Entwässerung des	—
— hyperoryd	—	Medicingewicht	100	Reingeist	368
— hyperorydhydrat	—	Meerrettigöl	324	Mengung f. Gemenge	17
Manganit	171. 263	Meersalzsäure = Chlor-	—	Mennig	171
Manganalkiesel, rother	217	wasserstoffsaure	140	Menstruum = Auflö-	—
—, schwarzer	—	Meeresboden	520	fungsmittel	56
Manganoryd	266	Meeresandboden	560	Mephitische Luft = Koh-	—
Manganorydhydrat	—	Meerschäum	217. 249	len Säure 122 oder	—
Manganorydorydul	—	Meerwasser	110	Stickstoff	110
Manganorydul	263	Mehlkleister	92	Mercurius 12, auch =	—
Manganorydulcarbonat	—	Mehlsand	557	Quecksilber	—
= kohlensaures Man-	—	Meiler	626	Mergel	534. 537
gan	265	—, Abbähen der	632	— als Bodenbestand-	—
Manganorydul, humus-	—	—, Abkühlen der	633	theil	—
saures	372	—, Angünden der	631	Mergelanalysen	536
—, kiesel-saures	266	—, Bächen der	632	Mergelboden 531. 537.	—
—, kohlens-saures	265	—, becke der	625. 629	—, kalkiger	566
—, kiesel-saures =	—	—, Erdbach der	630 (2)	—, lehmiger	—
Manganchlorür	267	—, Errichtung der	626	—, sandiger	—
—, schwefel-saures	265	—, Explodiren der	632	—, thoniger	—
— gegen Holz-	—	—, flüssige Produkte	629	Mergel, Bestandtheile	538
fäulniß	608	aus dem	629	—, Erd-	534
— silicat =	—	—, Form der	630	—, Kalk-	—
kiesel-saures Mangan	265	—, Füllen der	632	—, lager	566
— sulphat = schwefel-	—	—, Füllloch der	631	—, lehmiger	537
saure Magnesia	—	—, Fuhräume der	632	—, Sand-	534. —
Manganperoxyd	213	—, Gahre der	633	—, sandstein	531
Manganperoxyd	267	—, Größe des	627	—, Stein-	534
Manganprotoryd	263	—, große, Vorzüge	628	—, thoniger	534. 537
Manganpulver	—	—, Haube der	627	Merullius destruens	604
Manganpulver	—	—, Holzessig aus dem	629	Messit	377
Manganpulver Kali	267	—, kleine, Vorzüge	628	Mesol	217 (2)
Mangan, Schwefel-	—	—, liegender	628. 630	Mesolitt	—
Manganspath	208	—, Mittelräume der	632	Mespilus Pyracantha,	—
Mangansuperoryd	267	—, Raubach der	630 (2)	früchte, Bestandtheile,	438
Manganübersäure	—	—, Räume der	631	nähere	—
Manganverbindungen	263	—, Richtung beim	—	Metagallussäure	293
Manna	317	Angünden	628	Metallbad	73
Mannaquell	—	—, Rost der	626	Metalle	12. 13. 145
Mannit	—	—, Schlagen der	632 (2)		

	Seite		Seite		Seite
Metalle, Abfchwefeln	184	Metalle, Schwefel-, Form	183	Metalloryde, Anwen-	
—, Alkali-	155	—, Kryptall-	—	—, dung	180
—, als Bodenbestand-		form	—	—, Auflöslichkeit	176. 188
theile	541	—, Nomenclatur	181	—, Ausmittlung	180
—, Anlaufen	157. 158	—, Schwefel-, Re-		—, Darstellung	72
—, Auflöslichkeit	154	duction	184	—, Eigenschaften,	
—, Chlor-	202	—, Verhalten,		chemische	177
—, Cyan-	145. 206	chemisches	—	—, Eigenschaften,	
—, Darstellung	146	—, Vorkom-		physische	173
—, dehnbare	155	men	182	—, Erkennung f.	
—, Dehnbarkeit	151	—, schweißbare	152	Ausmittlung	180
—, des Bodens	541	—, Schwer-	155	—, Farbe	173
—, Eigenschaften,		—, specif. Gewicht	148	—, Flüchtigkeit	178
chemische	154	—, Wärme	32	—, Form	174
—, physische	147	—, spröde	155	—, Geruch	177
—, Eintheilung	155	—, Sprödigkeit	151	—, Geschmack	176
—, edle		—, streckbare	155	—, Krystallform	174
—, Elektricitätsleitung	148	—, Undurchsichtigkeit	147	—, Löslichkeit	180
—, elektronegative	155	—, unedle	155	—, Magnetismus	176
—, elektropositive	—	—, unvollkommene		—, physiologische	
—, Erd-		—, Halbmetalle	—	Wirkung	177
—, Erd-, alkalische	—	—, Verbrennen der	157	—, Reduction	146
—, Farbe	148	—, Verhalten zu Al-		—, Schmelzbarkeit	178
—, Flüchtigkeit	153	kalien	165	—, Verhalten an der	
—, Form		—, zu anorga-		Luft bei gewöhnlicher	
—, gebogene	145	nischen Säuren	159	Temperatur	177
—, Glanz	147	—, zu Fetten	164	—, Verhalten an der	
—, Geruch	148	—, zu Fluß-		Luft bei höherer Tem-	
—, Geschmack	—	säure	163	peratur	178
—, geschmeidige	155	—, zu Ha-		—, Verhalten, chemi-	
—, Geschmeidigkeit	151	loiden	159	sches	177
—, Halb-	155	—, zu Kö-		—, zu Al-	
—, Härte	152	nigswasser	162	kalien	179
—, katalytische Kraft	149	—, zu orga-		—, zur	
—, Kieselfluor-	144	nischen Säuren	163	Elektricität	176
—, Klang	152	—, zu Sal-		—, zu	
—, König der	141	petersäure	161	Pflanzenfarben	180
—, Krystallform	153	—, zu Salzen		—, zu	
—, Leicht-	155. 221	auf nassem Wege	166	Säuren	179
—, Magnetismus	149	—, zu Salzen		—, zu	
—, Nicht-	13. 101	auf trockenem Wege	—	Schwefel	—
—, Drydation an der		—, zu Salz-		—, Verwandtschafts-	
Luft	156	säure	100	tafel 194. 195. 196.	196
—, im Wasser	—	—, zu Schwe-		—, Vorkommen	171
—, Reduction	146	fel	159	—, Wirkung, physio-	
—, regulinische	145	—, zu Schwe-		logische	177
Metalli regulus	—	—, zu Schwe-		—, Versetzung durch	
Metalle, Roßen	158	felsäure	160	—, Sige	178
—, Schmelzbarkeit	152	—, vollkommene	151. 155	Metall, Rose's	171
—, schmelzbare	151	—, Wärmeleitung	151	—, Anwendung	202
—, Schwefel-	181	Metallsirnisse	328	—, Auflöslichkeit	188
—, Anwendung	185	Metallgemisch, Rose's	171	—, Darstellung	185
—, Auflöslich-		Metallglanz	147	—, Ermittlung auf	
keit	183	Metalli regulus	145	nassem Wege	199
—, Ausmittlung		Metallisirtes Holz	613	—, auf trock-	
f. Erkennung	184	Metallkalk	175	nem Wege	198
—, Darstel-		Metallkitt	93	—, ihrer	
lung	182	Metallkönig	145	—, Basis	199
—, Eintheilung	181	Metalllegirungen	168	—, ihrer Säure	200
—, Erkennung	184	Metalllegirung, Rose's	171	—, Farbe	187
—, Farbe	183	Metalloryde	—		



	Seite		Seite		Seite
Na = Fünffachschwefel-		Reffelroth	344	Nitrum	119
natrium		Neutral	25	Nomenclatur, Gemische	
Na = Selennatrium		Neutralisiren	—	— der Elemente	12
Na = Narcotin (Alka-		Neutralsalze	46. 47	— der Dryde	49
loid), auch Tellurnatrium		NH <sup>3</sup> = Ammoniak	238	— der Salze	51
Nabelarz	182	NH <sub>4</sub> = Ammonium	—	— der Sauerstoffver-	
Nähere Bestandtheile	12	NH <sub>4</sub> = Ammoniumoxyd	—	bindungen	49
Nahrung der Pflanzen	454	NH <sub>4</sub> = Einfachschwefel-		— der Säuren	50. 51
Nahrungsaft	394 (2)	felammonium	241	— der Schwefelme-	
—, roher	394	NH <sub>4</sub> = Zweifachschwefel-		talle	51. 181
Namen, chemische	12. 49. 181	felammonium	—	— der Verbindungen	49
Naphtalin	379	NH <sub>4</sub> = Fünffachschwefel-		— der Wasserstoff-	
Naphten	380	felammonium	—	verbindungen	51
Nasser Weg	54	NH <sub>4</sub> = Selenammo-		Nordhäuser Schwefel-	
Nativum metallum	145	nium	—	säure	130
Natrium	234	NH <sub>4</sub> = Tellurammo-		— Vitriolöl	—
Natrolith (Natronthonerdesilicat)	235	nium	—	Nordwinde	496
Natron	234	Ni = Nickel	34	Normalsalze	47
—, Ag.	—	Ni = 2 Atome Nickel	—	Rußbaumzucker	673
—, borsaures	237	Ni = Nickeloryd	—	O = Sauerstoff	102
— carbonat = Koh-		Ni = Nickelsesquiorxyd	—	O = Drallsäure	281
len-saures Natron	235	Ni = Schwefelnickel	—	Obergrund	499
— felspath	522	Nichtmetalle	12. 13. 101	Obfidian	216
— humus-saures	371	—, allgemeine Eigen-		Obstbranntwein	674
— Kalicarbonat =		schaften	13. —	Obstessig	365. 676
Kohlensaures Kalina-		—, feste	—	Obstwein s. Eider	—
tron	236	—, gasförmige	—	Ocher = Ocker	—
— Kali, Kohlensaures	—	—, starre	—	Dachsenblase zur Entwässerung des Weingeistes	368
— Kali, weinborax-		—, tropfbarflüssige	—	Ocker	258
saures	48	Nichtmetallsäuren	42	—, Antimon-	172
—, Kieselsaures	237	Nickel	12. 13	—, blauer = phosphor-	
—, Kohlensaures	235	Nicotianin	323	saures Eisenorydorydul	258
—, Kohlensaures als		Nicotin	299	—, brauner = Ei-	
Bodenbestandtheil	540	Niederschlag	62	senoryd	—
— nitrat	237	Niederschläge, Arten der	—	—, Chrom-	172
—, salpeter = sal-		Niederschlägen	—	—, gelber	259
peter-saures N.	—	Niobium	12	—, Polypbdän-	172
—, salpeter-saures		Nitrat, Baryt = sal-		—, rother = Eisen-	
— salze	235	peter-saurer Baryt	243	oryd	258
—, salzsaures =		Nitrate	119. 213	—, schwarzer = Ei-	
Chlornatrium	522	Nitrat, Kali = salpe-	224	senorydul	256
—, schwefel-saures	236	ter-saures Kali	—	—, Uran-	171
Natronsilicat	237	—, Kalk = salpe-		—, Wismuth-	172
Natronsulphat = schwefel-saures Natron	236	ter-saurer Kalk	—	—, Wolfram-	—
Natronthonerdesilicat	217	—, Natron = sal-		Ofen	64
Natronum = Natron	234	peter-saures Natron	237	— beschlag	92
Natur der Körper	11	Nitricum acidum	119	—, Calcinit =	
Nb = Niobium	12	Nitrogenium	110	Flammofen	67. 686
Nebel	105. 488	Nitrolin	418	—, Chabeaussiere's	653
Nebenbestandtheile = in sehr kleiner Quantität vorhandene Bestandtheile einer Verbindung	322	Nitrose Luft = Stickstofforyd	116	—, chemische	64
Nellendöl	322	Nitroser Dampf = salpetrige Säure	—	—, Destillir-	65
				— dom	—
				—, Flamm-	67. 93. 686
				—, Gebläse-	65. 68
				— hige, stärkste	

	Seite		Seite		Seite
Ofen, Kapellen.	65	Öl, Ölholz.	678	Öle, trocknende	319
— Kitt	92	—, Ölrettig.	—	Oleum betulinum	379
— Kuppel	65	—, Pflaumenkern.	—	— moscoviticum	—
—, Reverberir.	67. 666	—, 319. 678 (2)	—	— rusci	—
—, Röhren.	68	—, Raps.	319.	Öle, wesentliche = äthe-	—
—, Schmelz.	—	—, 678 (2) 679	—	rische	331
—, Schwarz's	655	—, Ricinus.	319. 678 (2)	Ölflamme	104
—, Sefftröm's	68	—, Roskastanien.	678	Ölgas = ölbildendes	—
—, Thon.	67	—, Rothtannensamen.	—	Gas	124. 135
—, Ziegel.	66	—, 319. 677	—	Öl, gegen Holzfäul.	—
—, tragbare	67	—, Rübsen.	678. 679	niß	600
—, unbewegliche	65	—, Ruß = Birken.	—	—, Rien.	644
—, verkohlung.	642	theer.	379	—, Knoblauch.	324
—, Verkohlungs.	643	—, Caffor.	678	—, Knoblauchtraut.	—
—, Wind.	65. 67	—, Schamtraut.	—	—, Kohöl	678
—, Zug.	65. 67. 93	—, Schnittkohl.	—	—, Köffeltraut.	—
Ofenit	217	—, Senf, fettes	—	—, Meerrettig.	—
Ol = Oleinsäure	319	—, Sonnenblumen.	—	—, Kelfen.	322
Öl Ackerhanf.	678	kern.	319.	—, Peterfilien.	—
—, Anis.	323	—, Labakamen.	—	—, Pfeffer.	—
—, Apfelfern.	319	—, Lannensamen.	—	—, Pfeffermünz.	323
—, Apfelsinen.	322	—, 319. 677. 678. 679	—	—, Pinus abies.	322
—, bad	73	—, Traubenkern.	319	—, Pomeranzenblü.	—
—, Balbrian.	322	—, Trester.	678	ten.	—
—, Baum.	319	—, Wallnuß.	319. 678	—, Pomeranzenfchalen.	—
—, Beheunuß.	—	—, Wausamen.	677.	—, rettigöl	678
—, bildendes Gas	124. 125	—, 678. 679	—	—, Sadebaum.	322
—, Birken.	322. 379	—, Wegdistel.	678	—, säure = Oleinsäure	—
—, Bittermandel.	323	—, Weintrester.	—	—, Scheidung von	—
—, Brand.	321. 375	—, Weißrübensamen.	—	Wasser	94. 97
—, brenzliches	321. —	—, Wunderbaumsa.	—	—, Senf, flüchtiges	324
—, Buchecker.	319.	men = Ricinusöl	319.	—, Stein.	322
—, Buchel = Buch.	677. 678 (2)	—, 678 (2)	—	—, süß = Glycerin	318
—, edler.	319. 677. 678 (2)	Öle, ätherische	321	—, Terpentin.	322
—, Citronen.	322	—, sauerstofffreie	322	—, Bitriol.	130
—, Citronenkern.	678	—, sauerstoff.	—	—, Wachholder.	322
—, Copaibalsam.	322	haltige	323	—, Weinstein.	—
—, Distelfamen.	677	—, schwefel.	—	—, Pottaschenlösung	—
—, Dofien.	323	haltige	324	—, Wermuth.	323
—, Erdeichel.	678	—, Ausbeute, Tabelle	678	klein	319
—, Erdnuß.	319	der	—	—, saure	—
—, Fichtenfamen.	677.	—, ausgepreßte =	—	Olivenöl	319. 678
—, Hanf.	319. 678 (2)	—, Brand.	321. 375	Ön als Endfylbe, Be-	—
—, Hartriegel.	677	—, brenzliche	321. —	deutung	53
—, Haselnuß.	319.	—, destillirte = äthe-	—	—, Nanthäther	362
—, 677 (2) 678 (2)	—	rische	321	—, Nanthfäure	—
—, Kiefernfasen.	678	—, empyreumatische	321. 375	Opal = natürliche	—
—, Kirfchtern.	319	—, 321. 375	—	—, amorphe Kieselssäure	—
—, Kohlsaas.	—	—, essentielle = äthe-	—	Opalifiren = halbburch-	—
—, Krautrübensamen.	678	rische	321	—, fichtig sein wie Opal	—
—, Kreffensamen.	—	—, fette	318	Operationen, chemische	53
—, Kürbistern.	319. —	—, fire = fette	—	—, auf nassem	—
—, Lein.	—	—, flüchtige	321	—, Wege	54. 61
—, Leinbotter.	—	—, milde = fette	318	—, auf trockenem	—
—, Lindensamen.	677	—, nicht trocknende	319	—, Wege	54. 67
—, Lorbeer.	678	—, schwefelhaltige	324	—, makrochemische	53
—, Mandel.	319. 678 (2)	—, 323	—	—, mechanische	—
—, Mohn.	319. 678. 679	Öl, Esdragon.	323	—, mikrochemische	—
—, Oliven.	319. 678	Öle, seccative } = trock-	—	Opium	332
		—, ficcative } = trock-	—	Dreiein	343
		nende	319		

	Seite		Seite		Seite
Drain	342 (2)	Drallsaures Ammoniak	282	Pd = 2 Atome Palladium	
Ordnung, elektrochemische		— Kali	—	Pd = Palladiumsuboryd	
der Elemente	13	Drallsaure Salze	—	Pd = Palladiumorydul	
Organische Analyse	271	Drychloride	52	Pd = Palladiumoryd	
— Basen	270. 299	Dryd	49	Pd = Schwefelpalladium	
— Chemie	10. 268	Drydation	88. 103. 172	Pech 376. 378. 644. 656	
— Literatur	1. 2. 3. 4	Dryd, Bi-	49	Pech, Brauer- = schwar-	
— Elementaranalyse	271	Dryde	171	zes P. 645. —	
— Körper	268	—, Nomenclatur	49	—, braunes	—
—, Ableitung		Dryd, Gyp-	—	—, Burgunder-	657
ihrer Anatomzahlen	274	—, Hyper-	—	—, gelbes	—
—, Bersezung		Drydirte Salzsäure =		—, gewöhnliches	656
an der Luft	356	Chlor	139	—, grieben	—
— Bersezung		Dryd, Per-	49. 50	—, ofen	643
durch anorganische		—, Prot-	—	—, öl	644
Säuren	379	—, Sesqui-	49	—, Schiff-	645
— Bersezung		—, Sub-	—	—, Schuster- =	
durch Wärme	375	—, Trit-	50	schwarzes P. 645. 656	
— Bersezung		—, über-	49	—, schwarzes	645. —
durch Wärme nebst		—, Unter-	—	—, siederei	—
Wasser und Luft	—	Drydul	—	—, stein	216
Organische Radicale	270	—, Hyper-	—	—, weißes	644. 657
— Säuren	270. 276	—, Sesqui-	—	Pektin	314
—, Eigenschaf-	—	—, Sub-	—	Pektinsäure	314
—, Entstehung	463	Oxygenium	102	Pendelprobe	230
—, Sättigungs-		Drysulphurete	52	Pentathionsäure	127
capacität	277	P = Phosphor	131	Persä, Gutta	331
—, Verhalten zu		P = 2 Atome Phosphor	—	Perschlorid	51
Metallen		P = unterphosphorige		Perslache	667
Natur	470	Säure		Verlen der Flüssigkeiten	19
— Verbindungen	41. 268	P = phosphorige Säure	132	Verlind	557
—, Literatur	2	P = Phosphorsäure	133	Verlstein	216
Origanum vulgare	344	Palladium	12. 13	Veroryd	49. 50
Orkan	495	Papaver Rhoeas, Be-		Verfio	342
Orseille	342	standtheile, nähere	435	Verfulphuret	181
Orthit	217 (2)	Papier, Curcuma-	341	Petalit	217
Orthostas	522	—, Filtrir-	95	Peterfilienöl	322
Os = Osmium	34	—, Joseph-	—	Petrographie	500. 521
Os = 2 Atome Osmium		—, Lackmus-	343	Pfahl, Quandel-	626
Os = Osmiumorydul		Papin'scher Digestor	74	Pfeffermünzöl	323
Os = Osmiumsesqui-		—, Topf	—	Pfefferöl	322
orydul		Pappelblätter, Aschenbe-		Pfeifererde	534
Os = Osmiumoryd		standtheile	385. 386	Pflanzenalbumin	351. 352
Os = Osmiumsäure		Pappelholz, Aschenbest.	—	Pflanzenalkali = Kali	221
Os = Einfachschwefel-		Pappelrinde, Aschenbest.	—	Pflanzenalkalien	299
osmium		Pappelrindenbitter = Po-		Pflanzenanalyse in nähere	
Os = Zweifachschwefelosm.		pulin	333	Bestandtheile	443
Os = Dreifachschwefelosm.		Pappelrinde, Gerbstoffgeh.	289	— analyse, elementare	271
Os = Vierfachschwefelosm.		Paraffin	378	Pflanzenanalysen, Lite-	
Osmium	12. 13	Paraphosphorsäure	133	ratur	2
Ostwind	496	Paraveinsäure	284	Pflanzenbasen	270. 290
Oralate	282	Pariserblau	282	Pflanzen, Bestandtheile,	
Oxalicum acidum	281	Paris quadrifolia	350	anorganische	385. 390
Oxalis	—	Pastawinde	495	—, elementare	381
Drallsäure	—	Pastauer Ziegel	89	—, feste	393
		Passivität der Metalle	161	—, flüssige	—
		Paulit	217	—, nähere	392
		Pd = Palladium	34		



Pflanzen, Bestandtheile, nähere, Uebersicht der	442	Pflanzen, Wirkung der Alkalien auf	460	Phosphorsäure, gewöhnliche	134
— organische	393	— der Säfte	459	Phosphorsaure Kalkerde	246. 538
— unwesentliche	392	— der Säuren	—	Phosphorsäure, Metastatische, Modificationen der	133
— wesentliche	351. 381	— der Zusammensetzung, chemische	392	—, Para-	—
—, Elementarbestandtheile	381	—, überblick	442	—, Pyro-	—
—, Entstehung	447	Pflaumenkernöl	319. 678 (2)	Phosphorsaure Salze	134. (2) 213
—, Ernährung	453	Phaseolus vulgaris, Bestandtheile f. Bohne	385. 389	Phosphor, Ursprung in Pflanzen	477
—, Literatur	4	—, Samen, Aschenbestandtheile	—	— Verbindungen	133
—, Excremente	457. 462	—, Raab's Beobachtung an Phellandrium aquat., Samen, Bestandtheile, nähere	441	— wasserstoff	134
—, fauer	300	Phenakit	217	Phosphor = Fluor	143
—, fibrin	351. 354	Phiole	73	Phyole	73
—, Grundbestandtheile	381	Phlogema = das Wasser einer sauren oder geistigen Flüssigkeit.	345	Physik, Literatur	5
—, Kieselrdegehalt	136. 391	Phlogistisches System	103	Physiologie, Literatur	4
Pflanzenkörper, indifferente	300	Phlogistifirte Luft = Stickluft	110	Physische Eigenschaften	10
—, Krankheiten	486	— Salzsäure = gewöhnliche Salzsäure	140	Phytochemie	10. 381
—, Lebensprozeß	447	Phlogiston	103	—, Literatur f. Pflanzenchemie	4
—, Leim	354 (2)	Phlorrhizin	334	Pichholz	658
—, Luft, die ihnen zuträglich	463	Phlorrhizin	—	Picrisalpetersäure	347
—, nahrung	454	Phosphat	134. (2) 213	Picrolichenin	335
—, nahrung, anorganische	—	Phosphat, Eisenoxyd = phosphor. E.	259	Picrosmin	217 (2)
—, nahrung, organische	455	—, Eisenoxydul = phosphorsaures E.	258	Pigmente	337
—, nahrung, Ursprung	454	—, Kalkerde = phosphorsaure K.	246. 538	Pikrisalpetersäure	347
—, physiologie, Literatur	4	Phosphor	131	Pikrolichenin	335
—, säfte	393	—, Allotropie	132	Pikrosmin	217 (2)
—, säfte zuerhaltende, Bearbeitung der	671	—, Bestimmung bei org. Analysen	274	Pinctette, Löthrohr.	71
—, säuren	276	—, gas = Phosphorwasserstoff	134	Pininäure	326
—, schleim	314	—, wasserstoff	134	Pinus abies, (f. d. Nadeln)	322
—, skelet	300	Phosphorhorige Säure	132	—, Pollen, Bestandtheile, nähere	435
—, stoffe, Bestimmung des Wassergehaltes	444	Phosphorit	213. 246	—, Larix, Holz, Aschenbestandtheile	387
—, stoffe eiweißartige	351	Phosphorluft = Phosphorwasserstoff	134	—, picea, Holz, Aschenbestandtheile	387
—, stoffe, indifferente	300	Phosphorwasserstoff	134	—, Bestandtheile, nähere	388
—, Kohlenstoffe	464	Phosphorwasserstoff	134	—, sylvestris, Holz, Aschenbestandtheile	387
—, Phos.	477	Phosphorwasserstoff	134	—, Vollen, Bestandtheile, nähere	435
—, Phors	—	Phosphorwasserstoff	134	—, Kinde, Bestandtheile, nähere	429
—, stoffe	464	Phosphorwasserstoff	134	—, theile, nähere	54
—, Schwefel	477	Phosphorwasserstoff	134	Distill	—
—, Sticks	474	Phosphorwasserstoff	134	Plastischer Thon f. bildsamer Th.	533. 534
—, stoffe	—	Phosphorwasserstoff	134	Platin	12. 13
—, Wafserstoffs	464	Phosphorwasserstoff	134	—, blech	71
—, Humus liefernde	601	Phosphorwasserstoff	134	—, draht	169
—, wachs	320	Phosphorwasserstoff	134	—, erz	108
—, wachsthum	453	Phosphorwasserstoff	134	—, feuerzeug	—
—, wachsthum, Literatur	4	Phosphorwasserstoff	134	—, gefäße	—
		Phosphorwasserstoff	134	—, 71. 81. 90. 129. 143	143
		Phosphorwasserstoff	134	—, katalytische Kraft	149
		Phosphorwasserstoff	134	—, löffel	81
		Phosphorwasserstoff	134	—, retorten	81
		Phosphorwasserstoff	134	—, schalen	75

	Seite		Seite		Seite
Platinspatel	56	Pottasche, Prüfung nach		Pöhlner Wasser	248
— tiegel	90	— Fresenius und Will	669	Pulver f. Schießpulver	
— zündmaschine	108	—, rohe	665	Pulverisiren	54. 80
Pleonast	219	—, russische	667	Purpur, Indig-	347
Pneumatische Wanne	83	Pottassium = Kalium	221	Putzen d. Gefäße f. Rei-	
Pollen, Bestandtheile,		Präcipitat	62	nigen	99
nähere	435	Präcipitiren	—	Pyknit	217 (2)
—, Fichten-, Bestand-		Prädisponirende Ver-		Pyralolith	217
theile, nähere	—	wandtschaft	15	Pyrmonter Wasser	122
Pollenin	436	Präparate, Gemische =		Pyrogallussäure	293
Pollen, Pinus abies, Be-		künstlich dargestellte		Pyrolusit	171. 263
standtheile, nähere	435	chemische Verbindun-		Pyrop	217
—, Pinus sylvestris,		gen		Pyrophosphorsäure	133
Bestandtheile, nähere	—	Präparirstein f. Platte	54	Pyrosomalith	202. 217
—, Rothtannen-, Be-		Pr, Prussin nach Gra-		Pyrotraubensäure f.	
standtheile, nähere	—	ham = Eyan		Brenztr.	263
Pollur	522	Prehnit	217 (2)	Pyroweinsäure f. Brenzw.	—
Polychrom	333	Presse	98	Pyrrorylin	301
Polymerie	39	Preussische Säure =		Pyrrhol	379
Polypodium Filix mas,	350	Eyanwasserstoff	144	Pyrus Amelanchier, Holz,	
Pomeranzenblütenöl	322	Primärer Boden	516. 517	Aschenbestandtheile	387
Pomeranzenschalenöl	—	Probe, hydrostatische		— aria,	350
Populin	333	—, Pendel-	230	Quadersandstein	531
Populus nigra, Blätter,		—, Stangen-	—	Quadrifolpshuret	181
Aschenbestandtheile		—, Pulver-	231	Qualitative Analyse =	
—, Holz, Aschen-	385. 386	mörser	230	Prüfung der chemischen	
bestandtheile	—	schlemmen des Bo-		Beschaffenheit mit Rea-	
—, Rinde, Aschen-	—	dens	593	gentien	
bestandtheile	—	Probirgläser	64	Quandel	626
Porphyr	525	Proportionen, einfache		Quandelkohlen	633
Porphyrboden	—	und multiple	27	Quandelpfahl	626
Porphyrplatte	54	Proportionenlehre, che-		Quandelstange	—
Porzellanab dampf schalen	75	mische	26	Quantitative Analyse =	
Porzellankitt	92	Protein	351	Scheidung der Bestand-	
Porzellanmörser f. So-		Proteinschwefelsäure	352	theile zur Bestimmung	
lutionsmörser	56	Proteintheorie	351	ihrer Quantität	
Porzellanreibschalen	54	Proteinverbindungen	—	Quarz	136. 522
Porzellanretorten	81	Protosulphuret	181	Quarzporphyr	525
Porzellanschmelztiegel	90	Pratoryb	50	Quarzsand	558
Porzellanspatel	56	Prozeß, chemischer	17. 18	Quarzsandstein	531
Porzellantiegel	534	—, Beendigung		Quarzsandsteinboden	—
Porzellantrichter	96	des	93	Quaternäre Verbindun-	
Pottasche	223. 661	—, Einleitung des	61	gen	40
—, als Bodenbestand-		—, Feuererschei-		Quecksilber	12. 13
theil f. kohlenf. Kali	540	nung beim	18	Quecksilberchlorid gegen	
—, amerikanische	667	—, Vorberei-		Holzsäulniß	609
—, Calcination	665	tung des	54	Quecksilberhochnerz	202
—, Danziger	667	—, Wärmeent-		Quecksilbermetall	168
—, Eigenschaften		wicklung beim	18	Quecksilberoryd, knallsau-	
—, Gehalt verschiede-		Prunus Padus, Blüten,		res	144
ner Sorten	668	Bestandtheile, nähere	435	Quecksilbersublimat gegen	
—, Gehalt verschiede-		Psilomelan	171. 263	Holzsäulniß	609
dener Vegetabilien an	662	Pt = Platin	34	Quecksilbernanne, pneu-	
Pottaschenfluß	665	Pt = Platinorydul		matische	84
Pottasche, nordameri-		Pt = Platinoryd		Quellenliteratur, chemische	1
kanische	667	Pt = Einfachschwefel-		Quelliger Boden	520
Pottaschenfiederei	661	platin		Quellsand	557
Pottasche, Prüf. a. Soda	670	Pt = Zweifachschwefel-		Quellsäure	373
— nach De-		platin		Quellsäure Salze	374
croizilles	667			Quellsäure	372
				Quellsäure Salze	373

	Seite		Seite		Seite
Quellwasser	109	Rectification	82	Robiniagelb	340
Quercitanicum acidum	291	Reduction 88. 103. 107.		Roccella tinctoria	342
Quidbrei	168	— 146. 198. 234		Roccellsäure	—
Quittenkern, Aschenbe-		— auf nassem Wege	146	Roggenfasen, Aschenbe-	
standtheile	389	— auf trockenem Wege	—	standtheile	388
Quittenschleim	314	Refrigerator = Kühlfaß		—, Bestandtheile,	
Qt } = Eisengerbsäure	291	od. Kühlapparat	79. 80.	nähere	439
qI } =		Regen	488	Roggenstroh, Aschenbe-	
†		Regenwasser	109	standtheile	387
Qu = Chinin	300	Regulinisches Metall	145	Roh Eisen, graues	253
		Regulus metalli	—	—, weißes	—
		Reibfeule	54	Rohpottasche	663
R = Rh = Rhodium	34	Reibplatte	54. 56	Röhrenofen	68
R = 2 Atome Rhodium		Reibschale	54	Röhre, Sicherheits-	91
R = Rhodiummorydul		Reif	488	—, Westher'sche	81. 82
R = Rhodiummoryd		Reihe, elektrochemische		Rohrzucker	315
Radical	41. 270	der Elemente	13	Rohschwefel	126
Radical, anorganische	—	Reinigen der Gefäße	99	Rohstahl	254
—, binäre	—	Reißblei = Graphit	190	Rohzucker	315
—, organische	—	Rektification	82	Rohsteine	557
—, quaternäre	—	Repsöl 319. 678 (2)	679	Rosenfrüchte, Bestand-	
Radicalessig	278	Reseda luteola	339	theile, nähere	438
Radical, ternäre	270	Respirable Luft =		Rose's Metalllegirung	171
Rainfarn, Aschenbe-		Sauerstoff	102	Roskastanien, Aschenbe-	
standtheile	386	Retorten	80	standtheile	396. 388
Rainweide, Bestandtheile,		—, Blei-	81. 143	—, Bestandtheile,	
nähere	429	—, eiserne	81. 91. 376	nähere	438
Ranzigwerden der Fett	319	—, beschläge	92	—, öl	678
Raseneisenstein	213. 258	—, halter	81. 98	—, Rinde, Gerbstoff-	
Raspeln	55	—, Glas-	80	gehalt	290
Rauch	105	—, Platin-	81	Rost	158
Räucherung gegen Holz-		—, Porzellan-	—	—, Schutz gegen	
fäulniß	609	—, Thon-	—	166. 255. 398	
Rauchkammer	658	— zum Theerschwe-		Röstbitter	87. 375
Rauchbad der Kohlen-		len	645	Rost der Kohlenmeiler	636
meiler	630 (2)	Reverberiren = im Rever-		— der Theerofen	644
Räume der Kohlenmei-		berirofen, od. in freiem		Rosten der Metalle	158. 255
ler	631	Flammfeuer erhizen		Rösten	87. 375
Rautenöl	323	Reverberirofen	67. 666	Rost, Wurzel	565
Reaction	62. 63	Rh f. R		Roth, Ampfer-	344
—, alkalische	—	Rhamnusgelb	339. 345	—, Blatt-	—
—, basische = alka-		Rhamnusgrün	—	—, Blüten-	—
lische	—	Rhamnusroth	345. 350	—, Brennnessel-	—
Reaktionen auf nassem		Rhodium	12. 13	—, buche f. Buche	
Wege	64	Rhodonit	515	—, Cochenille-	341
— auf trockenem Wege	62	Ribes grossularia, Ber-		—, Dosten-	344
Reaction, saure	62	ren, Bestandtheile, nä-		Rotheisenerz	171
Reactionspapier = Cur-		here	440	Roths Farbstoffe	341
cuma- und Lactmusp.	341. 343	Ricinusöl 319. 678 (2)		Roths Lactmuspapier	343
Reagens	63	Rinde, Aschenbestand-		Roth, Feldmohn-	344
Reagentienlehre, Litera-		theile, 385 (2) 396 (2)	387	—, Flechten-	342
tur	2	—, Bestandtheile,		—, Früchten-	345
Reagircylinder	64	nähere	429. 442	Rothgülligerz, dunkles	182
Reagiren	62	Rindenrost = Phloba-		—, lichtes	—
Reagirgläser	64	phen	345	Rothgüllighige, Grade	87
Reagirröhren	182	Rindeblase z. Weingeist-		der	344
Realgar	58	entwässerung	368	Roth, Hypericum-	346
Real'sche Presse	78	Ringe, Filtrir-	90	—, Indigo-	651
Recipient		—, Koch-	98	—, kühle	179
		Ringelblume, Bestand-		—, Kupfererz	343
		theile, nähere	434	—, Labkraut-	

	Seite		Seite		Seite
Koth, Lachmus.	343	Salpeter, Chili. = sal-		Salz	12. 45. 46
— liegendes	504	petersaures Natron	237	— bilder	44. 138
— manganerz	265	—, cubischer = sal-		—, Bitter-	248
—, Kohn-	344	petersaures Natron	—	— boden	538
—, Rinden- = Phlo-		—, feuerbeständiger		Salz, Alaunerde-	250
— bapfen	345	= kohlsaures Kali,		—, alkalische	45. 46
— tannensamenöl	319. 677	erhalten durch Ver-		— als Bodenbestand-	
Kothzinkerz	171	puffen von Salpeter		theile	538
Ru = Ruthenium		mit Kohle		—, ameisensaure	290
Ruchgras	324	—, fixer = feuerbe-		—, Ammoniak-	240
Rubin	250	ständiger		—, Amphib-	46
Rubinglimmer	258	—, flammender =		—, äpfelsaure	286
Rubinschwefel = Real-		salpetersaures Ammo-		—, Baryt-	242
gar	182	niak	241	—, basische	48
Rübsenöl	678. 679	— gas	116	—, benzoesaure	288
Rumex acetosa	344	— gegen Holzfäule	608	—, bernsteinsaure	287
— acetosella	—	— geist = verdünnte		—, Bittererde-	247
Ruß	658	Salpetersäure		—, borarsaure	215
Rußbrennerei	—	—, Kali-	224	—, borsaure	—
Rußöl = Birkentheer	379	—, Kalk. = salpe-		—, buttersaure	363
Rüstung der Kohlenmei-		tersaurer Kalk	—	—, Chlor- = Chlorete	202
ler	630	—, Kehr-	—	—, citronensaure	285
Ruthenium	12	—, kubischer = sal-		—, Cyan- = Cyan-	
Rutil	172	petersaures Natron	237	metalle	206
Rutilin	334 (2)	— luft	116	—, Dextrepitiven	63. 77. 88
		—, Mauer- f. Mauer-		— des Bodens	538
S = Schwefel	125	salpeter		—, doppelbasische	48
S = 2 Atome Schwefel		—, Natron-	237	—, Doppel-	—
S = schwefelige Säure	127	—, Peru- = salpe-		—, dreifachbasische	—
S = unterschwefelige		tersaures Natron	—	—, dreifache	—
Säure	—	—, prismatischer =		—, einfachbasische	—
S = Schwefelsäure	128	salpetersaures Kali	224	—, einfache	—
S = Unterschwefelsäure	127	Salpetersäure		—, eigentliche	46
S = Bernsteinsäure	287	Königswasser	141	—, Eisen-	256
Sächsishe Schwefelsäure	130	Salpetersäure	117	—, Eisen-, als Boden-	
Sächsisches Bitriolöl	—	— aus Am-		bestandtheile	530
Sadebaumöl	322	moniak	—	—, Eisenhaloid-	260
Saffloröl	678	— Bestimmung im		—, Eisenoryd-	259
Saft, Absonderungs-	394. 395	Boden	588	—, Eisenorydul-	256
Saftgehalt des Holzes	—	—, Entstehung	117	—, erdige	47
Säfte, Milch-	328. 396	—, Picrin-	347	—, essigsaure	278
—, Pflanzen-	393	—, plantage	224	—, Fatscirren der =	
Saftgrün	350	—, rauchende = er-		Berwittern	77
Saft, Nahrungs-	394 (2)	stes Hydrat der Säure		—, Fluor-	143. 205
—, roher	394	—, 119		—, gallussaure	297
—, Sell-		—, rothe, rauchende	120	—, gerbsaure	294
Saibschiger Wasser	248	Salpersaure Salze	119. 212	—, giftige	191
Salap	314	Salpetersaures Ammo-		—, halbbaasische	48
Salicin	334	niak	241	—, Haloid-	46. 202
Salicetin	—	Salpetersaurer Baryt	243	—, humussaure	371
Salmiak	241	Salpetersaures Kali	224	—, Sod- = Sodme-	
Salmiakgeist	239	Salpetersaurer Kalk	—	tafle	143. 204
Salmiak, fixer = das bei		Salpetersaures Natron	237	—, Kali-	223
der Bereitung des Sal-		Salpetersäure, Umwand-		—, Kalk-	244
mialgeistes zurückblei-		lung in Ammoniak	118	—, Kiesel-saure	216
bende Chlorcalcium		—, Unter-	120	—, Kie-saure	282
Salpeter	212. 224	Salpeter, Südsee- =		—, kohlsaure	208
		salpetersaures Natron	237	—, Laugen-	45
		—, Würfel- = salpe-		—, luftbeständige	77
		tersaures Natron	116	—, Magnesia-	247
		Salpetrige Säure	—	—, Manganorydul-	265

Salze, Metall-	Seite	Salze, schwefelsaure gegen	Seite	Salzsaures Natron ==	Seite
—, Auflöslich.	183	Holzäulniß	608	Chlornatrium	238
—, Darstellung	185	—, schwefligsaure	128	Salzsaure, oxydirte ==	
—, Erkennung	184	—, Selen-	46	Chlor	130
—, Farbe	187	—, Talkerde-	247	—, oxygenirte == Chlor-	
—, Flüchtigkeit	194	—, Tellur-	46	—, phlogistisirte ==	
—, Form	186	—, Thonerde-	250	gewöhnliche Salzsaure	140
—, Geruch	191	—, thonsaure	219	Salzsaure Salze == Chlor-	
—, Geschmack	190	—, Tripel-	48	metalle	202
—, Krystallform	186	—, ulminsaure s. Ul-		—, Talkerde == Chlor-	
—, Krystallw.	192	mate	372	magnesium	249
—, Nutzen	202	—, Untersuchung	198	Salzsaure, Verhalten zu	
—, Schmelzbarf.	193	—, Verknüpfen der		Metallen	160
—, Verände-		63. 77. 84		Salz, Sedativ. == Bor-	
—, Verhalten,		77		saure	135
chemisches	—	—, Verwittern	48	—, See- == Chlor-	
—, Verhalten ge-		—, vierfachbasische	233	natrium	238
genseitiges	197	—, weinsaure	—	—, Stein- == Chlor-	
—, Verhalten zu		—, weinsteinisaure	—	natrium	—
Basen	194	—, Wirkung auf die		—, Weinstein- == koh-	
—, Verhalten zu		Vegetation	539	lenisaures Kali	223
Chlor	117	—, Berfließen	77	—, wesentliches	
—, Verhalten zu		—, zitronensaure	285	= Weinsteinisaure	262
Kohlenstoff	—	—, Zusammensetzung,		Samen, Aschenbestand-	
—, Verhalten zu		Davy's Ansicht über	277	theile	399
organischen Stoffen	198	—, zweifachbasische	48	—, Bestandtheile,	
—, Verhalten zu		—, Zwillingss-	—	nähere	437. 442
Phosphor	197	Salzgeist == Salzsaure	140	—, erzeugung	448
—, Verhalten zu		Salz, gemeines == Chlor-		—, Gewicht, specif.	441
Säuren	194	natrium	238	Samenstaub	435
—, Verhalten		—, Glauber-	236	Sand als Bodenbestand-	
zu Schwefel	197	—, haut	76	theil	556. 557
—, Verhalten zu		—, Hirschhorn- ==		Sandarach, deutscher	328
Wasserstoff	—	brandöhaltiges koh-		Sandbad	79
—, Verwitterung	192	lenisaures Ammoniak		Sandboden 532. 559. 565.	
—, Vorkommen	185	—, Knister-	238	—, 590. 593	
—, Wichtigkeit	202	—, Koch-	—	—, Arten des	560
—, Wirkung auf		—, Mutterlauge	76	—, lehmiger	561
Thiere	191	—, Sauerkelee-	282	—, Meeres-	560
—, Wirkung, phy-		Salzsaure	140	—, mergeliger	561. 566
siologische	—	—, als Bodenbestand-		—, schlechter	—
—, milchsaure	363	theil	540	Sand, Einfluß auf Bo-	
—, Mittel-	46	Salzsaures Ammoniak ==		denbeschaffenheit	558
—, Natron-	235	Chlorammonium	241	—, feiner	557
—, Neutral-	47	Salzsaurer Baryt ==		—, Flug-	—
—, Nomenclatur der	51	Chlorbaryum	243	—, grober	—
—, Normal-	47	Salzsaure Bittererde ==		—, Kalk-	558
—, oxalsaure	282	Chlormagnesium	249	—, Kapelle	72
—, phosphorsaure		—, gegen Holz-		—, Mahl-	557
134. 213		fäulniß	608	—, Mehl-	—
Salz, Epsomer-	248	Salzsaure, dephlogistisirte		—, mergel	534
Salze, quellsaure	374	= Chlor	139	—, Perl-	557
—, quellsaure	373	Salzsaures Eisenoryd ==		—, Quarz-	558
—, salpetersaure	119. 212	Eisenchlorid	260	—, Quack-	557
—, salzsaure == Chlor-		Salzsaurer Kalk ==		Sandstein	531
metalle	202	Chlorcalcium	246	—, älterer	537
—, sauerkelesaure	282	—, gegen Holz-		—, Boden des	—
—, saure	45. 47	fäulniß	608	—, bunter	531
—, Schwefel-	46	Salzsaure Magnesia ==		—, Kohlen-	—
—, schwefelsaure	130. 200	Chlormagnesium	249	—, Quader-	—
		Salzsaures Manganoryd			
		bul == Manganchlorid	267		

Seite		Seite		Seite	
Sand, Verhalten zur		Säure, Eichengerb-	291	Säuren des Bodens	540
Elektricität	554	—, Elain-	319	— der Metalle	42
— zusammengefügter		—, Elag-	293	— der Nichtmetalle	—
Gesteine	558	—, Equiset-	285	— des Schwefels 42.	
Saponification = Ver-		—, Essig-	278	— 44. 127. 181	
seifung	318	—, Fett = Elain-		— des Selen	42. 44
Saponin	336	—, Margarinsäure u.	319	— des Tellurs	—
Saponinsäure	337	—, Fluorwasserstoff-	143	—, dreibasige	45
Sassolin	135	—, Fluß-	—	—, einbasige	44
Sättigen	25. 57	—, Humar-	286	—, feuerbeständige =	
Sättigungscapacität	25	—, Gallus-	296	Phosphor-, Bor- und	
Sättigungsvermögen	—	—, Gallusgerb-	292	Kieselsäure	
— der organischen		—, Gein-	374	—, fixe = feuerbe-	
Säuren	277	—, Gerb-	299	ständige	
Saturiren = Sättigen		—, Humus-	370	—, Metall-	42
— 25. 57		—, Hydrochlor-	140	— mit einfachem Ra-	
Sagmehl	307	—, Hydrocyan =		dical	—
Sauerdornwurzel, Be-		—, Blausäure	144	— mit zusammenge-	
standtheile, nähere	309	—, Hydrofluor =		setztem Radical	—
Sauerflee f. Oxalis	281	—, Flußsäure	143	—, Mineral- = an-	
Sauerfleeßalz	282	—, Hydrojod-	—	organische Säuren	41
Sauerfleeßäure	281	—, Hydrothion-	130	—, organische	276
Sauerfleeßaures Ammo-		—, Indigblauschwe-		—, Entstehung	463
niak	282	fel-	347	—, Ermittlung	201
— Kali	—	—, Indigblauunter-		—, Zweck, na-	
— Salze	—	—, schwefel-	—	türlicher	470
Säuerling e	122	—, Jod-	143	—, Pflanzen-	278
Sauerstoff	102	—, Jodwasserstoff-	—	—, Sättigungsca-	
Sauerstoffbestimmung bei		—, Kiesel-	136	cität	25
organ. Analysen	272	—, Kieselfluß-	144	—, Sauerstoff-	42
Sauerstoffsauren	42 (2)	—, Kinnogerb-	294	—, Schwefel- 42. 44.	
Sauerstoffverbindungen	49	—, Kist	92	— 127. 181	
Säure	41. 42. 51	—, Klee-	281	—, Selen-	42. 44
—, Acetyl-	278	—, Knall-	144	—, Tellur-	—
—, Acker-	375	—, Kochsalz =		—, Verhalten zu Me-	
—, Aconit-	285	Chlornasserstoffsäure	140	tallen	159
—, Ameisen-	279	—, Kohlen-	122	—, Verwandtschafts-	
—, Amygdalin-	336	—, Bestimmung		tafel auf nassem Wege	194
—, Apfel-	285	im Boden	588	—, Verwandtschafts-	
—, Benzoe-	288	—, Kohlenstoff-	347	tafel auf trockenem Wege	198
—, Berlinerblau =		—, Luft = Kohlen-		—, Wasserstoff- 42. 43	
Cyanwasserstoffsäure	144	säure	122	—, Wirkung auf Pflan-	
—, Bernstein-	287	—, Malein-	286	zen	459
—, Bitter-	347	—, Margarit-	319	—, zweibasige	44
—, Blau-	144	—, Meerfalg =		—, Zusammensetzung,	
—, Bor-	135	Chlornasserstoffsäure	140	Davy's Ansicht über	277
—, Borax-	—	—, Metagalus-	293	Säure, Si- = Silic-	
—, Brenzgalus =		—, Metaphosphor-	133	säure	319
Pyrogallus	293	—, Monothion-	127	—, Onanth-	362
—, Brenztrauben-	283	—, Myron-	355. 356	—, Silic-	319
—, Brenzwein-	—	Säuren, Ather-	380	—, Paraphosphor-	133
—, Butter-	320. 363	Säuren als Bodenbe-		—, Parawein-	284
—, Catechugerb-	294	standtheile		—, Pektin-	314
—, Chlor-	140	—, anorganische 41.	277	—, Pentathion-	127
—, chlorige	—	—, anorganische, Er-		—, Phosphor-	133
—, Chlorwasserstoff-	—	—, mittelung	200	—, phosphorige	132
—, Citronen-	284	—, bilder	44	—, Piktrinsalpeter-	347
—, Colophon-	328	—, Davy's Ansicht		—, Pinin-	326
—, Cyan-	144	—, über ihre Zusam-		—, preussische = Cyan-	
—, Cyanwasserstoff-	—	menfügung	277	wasserstoffsäure	144
—, Dithion-	127				

	Seite		Seite		Seite
Säure, Proteinschwefel-	352	Säure, Vogesen- = Trau-		Schillerstoff	333
—, Pyrogallus-	293	—, benf.	284	Schiffpech	645
—, Pyrophosphor-	133	—, Wein-	282	Schüttgelb	330. 340
—, Pyrotrauben- f.		—, Weinstein-	—	Schlacke	37
—, Brenztraubensf.	293	Säure Wetter	122	Schlagen der Reiler	632 (7)
—, Pyrowein- f.		Säure, Zimmet-	288	Schlagende Wetter	124
—, Brenzw.	—	—, Zitronen-	284	Schlamm	366. 518. 590
—, Duell-	372	—, Zuckerschwefel-	313	Schleim f. Pflanzen-	
—, Duellsag-	373	Sb = Antimon	33	—, schleim	314
Säure Reaction	62	Sb = 2 Atome Antimon	—	Schleimgährung	362
Säure, Roccell-	342	Sb = Antimonoryd	—	Schleimzucker	315
—, Salpeter-	117	—, od. antimonige Säure	—	Schlemmen	55
—, Salpeter-, Be-		Sb = Antimonsäure	—	—, Probe- des Bo-	
—, stimmung im Boden	588	Sb = Aderthhalb-	—	—, dens	593
—, salpetrige	116. 120	—, schwefelantimon	—	Schlichten der Reiler	639
—, Salz-	140	Sb = Dritthalb-	—	Schmach	292
—, Salz-, dephlogisti-		—, schwefelantimon	—	Schmelz	193
—, firte = Chlor	139	Sc = Bernsteinsäure	287	Schmelzen	80
Säure Salz	47	Scaplin	433	Schmelzofen	68
Säure, Salz-, orydrte =		Scirpus lacustris, Aschen-		Schmelzstahl	254
—, Chlor	139	—, bestandtheile	388	Schmelztiegel	80
Säure, Saponin-	337	Scolezit	217	—, Ausfüllern der	90
—, Sauerfle-	281	Schalen, Platin-	75. 90	—, eiserne	—
—, Schwefel-	128	—, Porzellan-	75	—, Graphit-	89
—, Schwefel-, Bestim-		—, Silber-	—	—, gußeiserne	90
—, mung im Boden	589	Schaumkalk	244	—, heffische	89
—, gegen Holz-		Schafgarbe	333	—, Spfer	—
—, säulniß	606	Schamkrautöl	678	—, irdene	—
—, Schwefelwasser-		Schartengelb	340	—, Kohlen-	—
—, stoff-	130	Scheele's Süß = Sty-		—, Metall-	90
—, schweflige	127	—, cerin	318	—, Platin-	—
—, von ihr ge-		Scheelium = Wolfram	12. 13	—, Porzellan-	—
—, bleichte Farbstoffe	338	Scheidetrichter	94	—, schmiedeeiserne	—
—, Seesalz- = Chlor-		Scheidewasser	117. 118. 120	—, Silber-	—
—, wasserstoffsaure	140	Scheidung, Gemische =		—, Lhon-	89
—, Spier- = Apfels-	285	—, Analyse	—	—, Hyfer-	—
—, stärkste = Schwe-		Schemel	99	Schmiedbare Metalle	151
—, felsäure auf nassem		Scheuern d. Gefäße f.		Schmiedeeiserne Ziegel	90
—, und Kieselsäure auf		—, Reinigen	—	Schmiedeeisen, Unterschei-	
—, trockenem Wege		Schießbaumwolle	301	—, dung von Guß- und	
—, Stearin-	319	—, Literatur	6. 307	—, Stahl	255
—, Steinsalz-	140	Schießfaser	301	Schmiedefinter	300
—, Succinylsäure	287	Schießpulver	225	Schmitzel	171. 250
—, Sullag- = Ellag-	293	—, Abbrennen, Erklä-		Schnee	483
—, Sylvin-	326	—, rung des	227	Schneidemeßer	55
—, Salz- = Stea-		—, Analyse	231	Schnelleßigfabrikation	365
—, rinfl.	319	—, Darstellung	225	Schnittkohlöl	678
—, Lannin- = Gerbf.	289	—, Glätten, Sued	229	Schollerde	590
—, Lartryl-	282	—, des	229	Schönen = Klären	98
—, Lextrathion-	127	—, Körnen	225. 228	Schrifterz	169
—, Lorf-	374	—, —, Sued des	—	Schusterpech = schwar-	
—, Trauben-	284	—, Literatur	6	—, zes Pech	645. 656
—, Tritthion-	127	—, probe	230	Schüttgelb f. Schüttgelb	339. 340
—, über-	49. 50	—, Sprengen mit	227	Schwaden, Berg- =	
—, überchlor-	140	—, Stärke des	230	—, Sumpfgas	124
—, Uimin-	372	—, Untersuchung	231	—, feurige	—
—, Untersalpeter-	120	—, Schießwolle	301	—, milde = Koh-	
—, unterschworige	140			—, lensäure	122
—, unterschworfel-	127			Schwämme, Athmungs-	
—, unterschworflige	—			—, prozeß	463

	Seite		Seite		Seite
Schwammzucker	317	Schwefelsaure Kalithon-		Seidelbastrinde, Bestand-	
Schwängern	57	erde	252	theile, nähere	430
Schwänkbürste	99	— Kalkerde	245	Seidshiger Wasser	248
Schwarz's Verkohlungs-		— als Bodenbe-		Seifenbildung	318
ofen	655	standtheil	538	Seifen, Parz-	326
Schwarzbleierz	208	—, Einfluß auf		Seifenstein	249
Schwarzdornrinde, Gerb-		Vegetation	131	Seifen	94
stoffgehalt	290	Schwefelsäuren 42. 44.		Seihtuch	—
Schwarzmaachen der Mei-		51. 127. 181		Selbstentzündung	106
ler	630	Schwefelsaures Natron	236	Se = Selen	34
Schwarzspießglanzerz	192	Schwefelsäure, Nordhäu-		Se = selenige Säure	
Schwefel	125	ser	130	Se = Selenensäure	
Schwefelalkohol	131	Schwefelsaures Mangan-		Se = Zweifachschwefelselen	
Schwefel, Allotropie	126	orydul	265	Se = Dreifachschwefel-	
Schwefelammonium	241	— gegen Holz-		selen	
Schwefeläther	380	fäulniß	608	Selen	131
Schwefelbaryum	243	Schwefelsäure, Protein-	352	Selenide	44
Schwefelbasen 51. 181		—, rauchende	130	Seleniete	—
Schwefelbestimmung bei		— sächtische	—	Selenisalz	46
organischen Analysen	274	Schwefelsaure Salze 109.	—	Selenisäuren	42. 44
Schwefelblumen	126	— gegen Holz-		Selterfer Wasser	122
Schwefelbampf = schwef-		fäulniß	608	Senecio Jacobaea	350
lige Säure	127	— Thonerde	252	Senegalgummi	314
Schwefel, Einfluß auf		—, wasserfreie	129	Senfö, fettes	678
Vegetation	131	Schwefelsäure, Zucker-	313	Senfö, flüchtiges	324. 356
Schwefeleisen, Andern-		Schwefel, Stangen-	126	Senffamen, Aschenbe-	
halb	263	—, Ursprung in Pflan-		standtheile	389
Schwefeleisen, Doppelt-		zen	477	Serpentin	217. 249
—, Einfach-	262	Schwefelverbindungen	127	Serpentinreißschalen	54
Schwefelfies 182.	263	Schwefelwasser 110. 131. 466		Sesquichlorid	51
—, Entstehung	466	—, Entstehung	—	Sesquiorp	49
Schwefelkohlenstoff	131	Schwefelwasserstoff	130	Sesquiorpbul	—
Schwefelleber	182	Schweflige Säure	127	Sesquiphosphurete	181
Schwefellebergas	130	Schweflige Säure, von		Sessleria coerulesa, Aschen-	
Schwefelluft, stinkende =		ihre gebleichte Farb-		bestandtheile	389
Schwefelwasserstoff	—	stoffe	338	Sesglöcher des Thier-	
Schwefelmetalle	181	Schwefligsaure Salze	128	ofens	644
Schwefelmangan	267	Schweißbare Metalle	151	Si = Silicium	136
Schwefelmilch	126	Schwererde = Baryt	242	Si = Kieselsäure	—
Schwefelquellen	131	Schwermetalle 155.	253	Si = Schwefelkiesel	
Schwefel, Roh-	126	— des Bodens	541	Sicherheitslampe	105. 124
—, Rubin- = Real-		Schwerspath	243	Sicherheitslaterne	—
gar	182	Schwinden des Holzes	410	Sicherheitsröhre	81. 82
Schwefelsalze	46	—, Literatur	5	Siberoschisolith	217
Schwefelsäure	128	Schwizen der Reiler	632	Sieben	54
Schwefel als Bodenbe-		Scolegit	217	Sieben f. Kochen	74
standtheil	540	Scrupel	100	Silber	12. 13
Schwefelbad	73	Secale cereale, Samen,		Silberbäume	146
Schwefelsäuren	44	Bestandtheile, nähere	439	Silberhornernz	202
Schwefelsaurer Baryt	243	Secundärer Boden	516	Silbertupferglanz	182
Schwefelsäure, concen-		Secundäres Gebirge	505	Silberschalen	75
trirte	130	Seebücher	518. 520	Silberspatel	56
Schwefelsaures Eisenorp		Seesalz	238	Silbertiegel	90
— Eisenorydul	210. 257	Seesalzsäure = Chlor-		Silicat, Bittererde- f. Kie-	
Schwefelsäure, englische	130	wasserstoffsaure	140	selfaure Magnesia	249
— gegen Holzfäulniß	608	Seesumpfboden	518. 520	Silicate	138. 216
— hydrate	129	Seestrom'scher Ofen	68	Silicat, Eisenorp- f.	
—, Indigoblau-	347	Sege der Kohlenhaufen	636	Kieselsaures E.	250
Schwefelsaures Kali	223	— der liegenden	—		
		Werke	—		



	Seite		Seite		Seite
Silicat, Eisenorydul. f.		Spanialtmin	342	von Gus- u. Schmiede-	
Kieselsaures E.	258	Spanischfliegenschampher	323	eisen	255
—, Kali- f. Kiesel-		Spatel	56	— wasser	208. 257
saures K.	232	Spath, Arotomblei-	208	Stangenprobe	230
—, Magnesia f. Kie-		—, Bitter-	208. 249	Stangenschwefel	126
selfaure M.	249	—, Braun-	—	Stärke	142. 307
—, Manganorydul-		—, Eisen- = Spath-		Stärkmehl	—
f. Kieselsaures M.	266	eisenstein	208. 253	—, Alant-	310
—, Natron- f. Kie-		— eisenstein	—	—, Eichorien-	—
selfaures M.	237	—, Mangan-	208	—, Flechten-	—
—, Talkerde- f. Kie-		—, Schwer-	210. 243	— gehalt verschiede-	
selfaure Magnesia	249	—, Talk-	208	ner Pflanzen	308
—, Thonerde f. Kie-		—, Ytter-	213	—, gemeines	—
selfaure Th.	252	—, Zink- = edler	—	—, geröstetes	375
Silicium	136	Galmei	208	— gummi 311.	
Silimannit	216	Speckstein	217. 249		375. 379
Sirup de Canada	672	Speiskobalt	169	—, Kleister	92. 309
Staplin	433	Spernwasser	84	—, Vorkommen	308.
Steleit der Pflanzen		Spiuacia oleracea,		—, 397.	430. 436
— 136. 300.	393	Ashenbestandtheile	389	—, Zucker	317. 379
Stolezit	217	Spiradin	339	Statue	98
Strupel	100	Sphärosiderit	208. 257	Status nascens	21. 111
Smargd	217	Sphen	48	Stauberde	544. 547
Smirgel = Schmirgel		Spiersäure = Äpfel-		Stearin	319
— 171.	250	säure	285	Stearinsäure	—
Sn = Zinn	34	Spinell	219	Stearopten	321
Sn = 2 Atome Zinn		Spiritus = Weingeist	309	Stechapfelblätter, Be-	
Sn = Binnorydul		— lampe = Wein-		standtheile, nähere	432
Sn = Zinnesquiorpydul		— geistlampe	69	Steine als Bodenbestand-	
Sn = Binnoryd ober		—, Zerpentin- =		theile	556. 557
Zinnsäure		Zerpentindl	322. 656	—, Einfluß auf Bo-	
Sn = Einfachschwefelzinn		Spißbeutel	95	denbeschaffenheit	558. 559
Sn = Aenderthalbschwe-		Splint, doppelter des		—, Roll-	557
felzinn		Holzes	429	Steinfitt	92
Sn = Zweifachschwefelzinn		Spodumen	217	Steinkieseschampher f. Re-	
+ So = Solanin	299	Sprengen mit Pulver	227	lilotusf	323
Soda	208. 235	Sprigflasche	97	Steinkohlen	367
— als Bodenbestand-		Sprödglasserz	182	—, Bildung	—
theil f. kohlensaures		Sr = Strontium	243	—, Literatur	8
Natron	540	Sr = Strontian oder		—, Brennwerth, Li-	
— gegen Holzfäulniß	608	Strontianerde		teratur	—
Sodalith	217	Sr = Strontiumhyper-		—, Entstehung	367
Soda, Prüfung	669	oryd		—, gas = Leuchtgas	124
Sodium = Natrium	234	Sr = Schwefelstrontium		—, Literatur	8
Solanin	299	+ St = Strychnin	300	—, gebirge	503
Solanum tuberosum,		Stabeisen	254	—, theer gegen Holz-	
Ashenbestandtheile	389	—, Unterscheidung		fäulniß	609
Solutio	62	von Gußeisen und		—, Destillation, trockene	379
Solutionsmörser	56	Stahl	255	Steinmergel	534
Sonnenblume, Ashenbe-		Stachelbeeren, Bestand-		Steinöl	322
standtheile	386	theile, nähere	440	Steinsalz	202. 238
Sonnenblumenkernöl		Stahl	254	Steinsalzsäure = Chlor-	
— 319. 678		—, Anlassen	—	wasserstoffsäure	140
Sorbus Aria, Holzashen-		—, Cäment-	—	Stibium	33
bestandtheile	387	—, Härten des	—	Stichtorf	366
Souffongthee, Gerbstoff-		—, mörser	54	Stidende Wetter	122
gehalt	290	—, Roh-	254	Stidgas = Stickstoff	110
		—, Schmelz-	—	Stickstoff	—
		—, Unterscheidung	—	Stickstoffbestimmung bei	
				organischen Analysen	272
				— im Boden	584

<b>Stichstoff, Chlor-</b>	142	<b>Substanzen, säuflnifwi-</b>	Seite	<b>Symbole, chemische, f.</b>	Seite
—, <b>Sob-</b>	143	drige gegen Holz	603	Beichen	33
<b>Stichstofforyd</b>	116	<b>Substitution</b>	270	<b>Synaptase</b>	355
<b>Stichstofforydul</b>	—	<b>Succinate</b>	287	<b>Synthese, chemische</b>	53
<b>Stilbit</b>	216	<b>Succinicum acidum</b>	—	<b>Synthetische Chemie</b>	9
<b>Stöchiometrie</b>	25	<b>Succinifäure</b>	—	<b>Syrup, holländischer</b>	316
—, <b>Literatur</b>	2. 3	<b>Succi proprii</b>	395	<b>Syftem, antiphlogiftisches</b>	103
<b>Stoffe, amphotere</b>	42	<b>Südwinde</b>	496	—, <b>phogiftisches</b>	—
—, <b>anorganifche</b>	41	<b>Sulfat ic. f. Sulph.</b>	—		
—, <b>einfache</b>	12	<b>Sulfagfäure=Ellagf.</b>	293	<b>T</b> = Weinfteinfäure	262
—, <b>fäulnifwidrige</b>	357	<b>Sulphat, Bittererde=</b>	—	<b>T'</b> = Weinfteinfäure	—
—, <b>für Holz</b>	608	<b>fwefelfaure B.</b>	248	<b>Ta</b> = Tantal	34
—, <b>indifferent</b>	42. 300	<b>Sulphate</b>	130. 210	<b>Ta</b> = Tantaloryd oder	
<b>Stoff, leichtester</b>	107	—, <b>gegen Holzfäulniß</b>	—	tantalige Säure	
<b>Stoffe, organifche</b>	41. 268	<b>f. fwefelfaure Salze</b>	606	<b>Ta</b> = Tantalofäure	
—, <b>Berfegung</b>	—	<b>Sulphat, Eifenoryd=</b>	—	<b>Ta</b> = Schwefeltantal	
—, <b>an der Luft</b>	356	<b>fwefelfaures E.</b>	210. 257	<b>Tabak, Afchenanalyse</b>	
—, <b>Berfeg. durch</b>	—	—, <b>Eifenorydul=</b>	—	385. 386. 389	
<b>anorganifche Säuren</b>	379	<b>fwefelfaures E.</b>	—	<b>Tabakkampfer</b>	323
—, <b>durch</b>	—	<b>Kali= fwefel-</b>	223	<b>Tabakfamenöl</b>	319. 678
<b>Wärme neß Luft und</b>	—	<b>faures K.</b>	223	<b>Tabakwurzel, Afchen-</b>	
<b>Waffer</b>	375	—, <b>Kalithonerde=</b>	252	ftandtheile	386
<b>Stoffen</b>	54	<b>fwefelfaure K.</b>	245	<b>Tabelle, abfolut. Gewicht</b>	
—, <b>der Flüssigkeiten</b>	—	—, <b>Kalk= fwefel-</b>	245	des Bodens	570
—, <b>beim Kochen</b>	72. 99	<b>faurer K.</b>	245	—, <b>Absorbirbarkeit der</b>	
—, <b>der Reiler</b>	632 (2)	<b>Magnesia= fwefel-</b>	248	<b>Gafe,</b>	57
<b>Strasburger Serpentin</b>	327	<b>faure Bittererde</b>	265	—, <b>Äquivalente und</b>	
<b>Streuung, Einfluß</b>	—	—, <b>Manganorydul=</b>	248	<b>Atomgewichte</b>	680
<b>auf Holzerttag</b>	603	<b>fwefelfaures M.</b>	265	—, <b>Afchenanalysen</b>	385—390
<b>Streumaterialien, Afchen-</b>	—	—, <b>Kalkerde= fwefel-</b>	248	—, <b>Afchengehalt der</b>	
<b>beftandtheile</b>	385 (2)	<b>faure Bittererde</b>	248	<b>Hölzer</b>	385—387. 661.
—, <b>Berfegung</b>	386. 387	—, <b>Thonerde= fwefel-</b>	252	—, <b>Auflöflichkeit der</b>	
<b>Streu, Wald-</b>	595	<b>faure Th.</b>	252	<b>Salze</b>	180
—, <b>Bestandtheile</b>	387. 596	<b>Sulphide</b>	44 181	—, <b>Ausbeute an Pott-</b>	
—, <b>f. auch Blätter</b>	—	<b>Sulphite</b>	128	<b>afche</b>	662. 663
—, <b>Wald-, Einfluß auf</b>	—	<b>Sulphobafen</b>	51	—, <b>beim Koli-</b>	
<b>Holzerttag</b>	603	<b>Sulphofäuren</b>	—	<b>lenbrennen</b>	641 (2)
—, <b>Erhaltung</b>	602	<b>Sulphur</b>	125	—, <b>Ausbeute der Zer-</b>	
—, <b>Werth für</b>	—	<b>Sulphüre</b>	181	<b>feßungsprodukte des</b>	
<b>den Felddau</b>	603	<b>Sulphurete</b>	44. —	<b>Hölzes</b>	649
—, <b>Zweck</b>	595	—, <b>Dry-</b>	52	—, <b>Beurtheilung des</b>	
<b>Strohfränge</b>	74	<b>Sulphuride</b>	182	<b>Bodens nach Waffer-</b>	
<b>Strontian = Strontium-</b>	—	<b>Sumach</b>	292	<b>aufnahme</b>	573
<b>oryd</b>	—	—, <b>Gerbstoffgehalt</b>	290	—, <b>Bodenanalysen</b>	590. 592
<b>Strontianfale</b>	242	<b>Sumpfboden</b>	517	—, <b>Brennkraft des</b>	
<b>Strontianit</b>	208	<b>Sumpferde, Kohle, Theer,</b>	—	<b>Hölzes</b>	423. 424. 638
<b>Strontium</b>	243	<b>Hölzeffig ic. aus</b>	650	—, <b>Brennwerth der</b>	
<b>Strychnin</b>	300	<b>Sumpfgas</b>	124	<b>Kohlenarten</b>	—
<b>Sturm</b>	495	<b>Sumpffluft</b>	—	—, <b>Brennwerth, theo-</b>	
<b>Su = Bernfteinfäure</b>	287	<b>Sumpfftorfboden</b>	518. 520	<b>retischer der Hölzer</b>	383
<b>Subcarburet des Waf-</b>	—	<b>Superoryd</b>	49	—, <b>Chemische Reichen</b>	33
<b>ferftoffs</b>	124	<b>Superorybul</b>	—	—, <b>Cohäfion des Wo-</b>	
<b>Sublimat</b>	91	<b>Support</b>	99	<b>dens</b>	572
—, <b>Queckfilber-, gegen</b>	—	<b>Süßholzaunder</b>	336		
<b>Hölzfäulniß</b>	609	<b>Slß, Scheele'sches =</b>	—		
<b>Sublimation</b>	91	<b>Glycerin</b>	318		
<b>Suboryd</b>	49	<b>Oxyenit</b>	527		
<b>Suboxyden</b>	—	<b>Oxyenitboden</b>	—		
<b>Subftanzen, fäulnifwi-</b>	—	<b>Oxybinsäure</b>	326		
<b>drige</b>	357				

	Seite		Seite		Seite
<b>Tabelle: Consistenz des</b>		<b>Tabelle: Wasseraufnahms-</b>		<b>Artralsäure</b>	283
<b>l. Bodens</b>	572	<b>fähigkeit des Bodens</b>	573	<b>Artrelsäure</b>	—
—: Dauer des Holzes	409	—: wasserzurückhal-		<b>Artrypsäure</b>	282
—: Eigenschaften der		<b>tende Kraft des Bo-</b>		<b>Te = Tellur</b>	34
<b>Richtmetalle</b>	101	<b>dens</b>	574	<b>Te = Telluroryd oder</b>	
—: Eigenschaften der		—: Widerstand des		<b>tellurige Säure</b>	
<b>Öle</b>	678	<b>Holzes gegen Lorption</b>	406	<b>Te = Tellursäure</b>	
—: Einfluß der Streu-		<b>Asfesspath</b>	217	<b>Te = Zweifelschwefel-</b>	
<b>nung</b>	603	<b>Agilität</b>	213	<b>tellur</b>	
—: Elasticität des Hol-		<b>Xalcium = Magnesium</b>	247	<b>Te = Dreifelschwefel-</b>	
<b>zes</b>	408	<b>Salz</b>	318. 320	<b>tellur</b>	
—: Elementarbestand-		<b>Salzsäure = Stearin-</b>		<b>Tb = Terbium</b>	
<b>theile des Holzes</b>	382. 383. 384	<b>säure</b>	319	<b>Technologie, forstliche</b>	603
—: Elemente	12	<b>Salzstoff = Stearin</b>	—	—, Literatur	5
—: Elemente in elektro-		<b>Salz</b>	217. 522	<b>Technologie, chemie</b>	603
<b>chem. Folge</b>	13	<b>Salzboden</b>	564	—, Literatur	3
—: Festigkeit des Hol-		<b>Salzerde</b>	247. 523	<b>Tellur</b>	12. 13
<b>zes</b>	404. 405	— als Bodenbe-		<b>Tellurblei</b>	169
—: Gehalt der Pott-		<b>standtheil</b>	538	<b>Tellurete</b>	44
<b>asche</b>	668	— bad	72	<b>Telluride</b>	—
—: Gerbstoffgehalt der-		— bicarbonat =		<b>Tellursalze</b>	46
<b>schiebener Vegetabilien</b>	290	<b>zweifelschwefelsäure</b>		<b>Tellursäuren</b>	42. 44
—: Geschichte der		<b>Magnesia</b>	249	<b>Tenafel</b>	94
<b>Holzconservirung</b>	620	— carbonat = koh-		<b>Terbium</b>	12
—: Heizkraft der Holz-		<b>lensäure Magnesia</b>	—	<b>Terminologie, chemische</b>	
<b>arten</b>	383. 423. 424. 638	—, Kieselsäure	—	—, Nomenclatur	12. 49
—: Heizkraft der Öle	678	—, Kohlensäure	—	<b>Terreare Verbindungen</b>	40
—: hygrometrische		— salze s. Bitter-		<b>Terpentin</b>	326
<b>Feuchtigkeit des Holzes</b>	413	<b>erdesalze</b>	247	—, elasser	327
—: Digeht der Sa-		<b>Salzerde, salzsäure =</b>		—, fetter	326
<b>men</b>	678	<b>Chlormagnesium</b>	249	—, frantzösischer	—
—: Säurebeute aus		— gegen Holz-		—, geist = Ter-	
<b>Samen</b>	—	<b>fäulniß s. Chlormag-</b>		<b>pentinöl</b>	322. 656
—: Schmelzbarkeit der		<b>nesium</b>	608	—, gekochter	657
<b>Metalle</b>	152	—, schwefelsäure	248	—, gemeiner	326
—: specif. Gewicht des		— silicat = Kiesel-		—, karpathischer	327
<b>Bodens</b>	570	<b>saure Magnesia</b>	249	—, öl	322. 656
—: specif. Gewicht der		<b>sulphat = schwe-</b>		<b>Terpentinspiritus</b>	—
<b>fetten Öle</b>	678	<b>felsäure Bittererde</b>	249	<b>Terpentinöl</b>	322. —
—: specifisches Ge-		—, Verhalten zur Elef-		<b>Terpentin, Straßburger</b>	327
<b>wicht des Holzes</b>	400,	<b>tricität</b>	554	—, ungarischer	—
401. 402 411. (2) 423		— spath	208	—, venetianischer	326
—: specif. Gewicht der		—, Wasser-	247	<b>Terträres Gebirge</b>	505
<b>Kohlen</b>	32	<b>Lannate</b>	294	<b>Tetrathionsäure</b>	137
—: specif. Wärme der		<b>Lannenholz, Aschenbe-</b>		<b>Th = Thorium</b>	12. 13
<b>Metalle</b>	—	<b>standtheile</b>	385. 396. 387	<b>Th = Thorerde</b>	
—: Tragkraft des Hol-		—, Bestandth. nähre	398	<b>+ Th = Thobain (Mika-</b>	
<b>zes</b>	407	<b>Lannennadeln, Aschenbe-</b>		<b>loid)</b>	
—: Verwandtschaft der		<b>standtheile</b>	387	<b>Thalklima</b>	498
<b>Säuren und Basen</b>		<b>Lannenrinde, Aschenbest.</b>	395	<b>Thar s. Theer</b>	498
—: Volumabnahme		—, Gerbstoffgehalt	290. 291	<b>Thau</b>	462
<b>des Bodens beim Trock-</b>		<b>Lannenfasenöl</b>	319	—, Honig-	—
<b>nen</b>	572	<b>Tannicum acidum</b>	289	<b>Thee, grüner, Gerbstoff-</b>	
—: wärmehaltende		<b>Tannin</b>	—	<b>gehalt</b>	290
<b>Kraft des Bodens</b>	576	<b>Tannungen = Gerbstoff</b>	—	<b>Theer</b>	376. 378. 644
—: wasseranziehende		<b>Tanningsäure = Gerb-</b>		—, aus Braunkohle	650
<b>Kraft des Bodens</b>	575	<b>säure</b>	—	— und Sumpferde	650
—: Wasseranziehungs-		<b>Tantal</b>	12. 13	— aus Meilern	629
<b>fähigkeit des Holzes</b>	411	<b>Taraxacum = Stärlmehl</b>	310		
		<b>Tartaricum acidum</b>	292		

	Seite		Seite		Seite
Theerbrennerei	643	Thonerde	250	Torfbrüher	519
— galle	644	—, effigsaure gegen	608	Torfherzeugung	566. 549
—, gegen Holzsäule	609	—, Holzäulniß	372	—, Literatur	8
—, gelber	644	—, humusfaure	252	Torfmatricie = Hu-	360. 542
— gewinnung	643	Thonerdekali, schwefel-	—	mus	360. 542
— gewinnung, Litera-	7. 8	faures	252	Torffschwelerei f. Sumpf-	650
tur	643	Thonerdekalisulphat =	—	erde	7
Theerofen	644	schwefelsaure Th.	—	—, Literatur	366
—, Gebrüch	643	Thonerde, Kiefelsaure	250	Torf, Stich-	5
—, Kappe	644	Thonerdesalze	252	Torfverkohlung, Literatur	390
—, Seglöcher	643	Thonerde, schwefelsaure	—	Tormentillwurzel, Gerb-	314
Theerschwelen	643	Thonerdesilicat = kie-	—	stoffgehalt	99
—, Ausbeute beim	645	fsaure Th.	—	Traganth	396
— in eisernen Cylind-	7. 8	Thonerdesulphat = schwe-	523	Träger chemischer Appa-	319
bern	644	felsaure Th.	531	rate	435
— in eisernen Kästen	11	Thonerde, Vorkommen	563	Traubenholzlunderholz,	350
—, Literatur	16. 29	Thon, Farbe	67	Aschenbestandtheile	284
Theer, weißer	14	Thon, Gyps	81	—, Brenz-	285
Theile, gleichartige	23. 368. 459	Thomger Mergel	531	—, Pyro-Brenztr.	283
—, ungleichartige	74	Thon, kalkiger	526	Traubenzucker = Stärk-	379
Theoretische Chemie	34	Thon, Töpfer-	534	mehl- oder Krümel-	632
Theorie, atomistische	256	—, Veränderung an	515	zucker	317.
—, dynamische	349	der Luft f. Lehm	536	—, Treiben des Meilers	632
—, elektrochemische	91	Gläßen f. Lehm	554	Trennung, chemische =	678
Thierblase zum Entwäsf-	12. 13	—, Verhalten zur	12. 13	Analyse	96
fern des Weingeistes	135	Elektricität	243	Trefsteröl	94
— zum Verschließen	341	Thorium	110	—, Filtrir-	58
der Gefäße	256	Todtbrennen des Gypses	527	—, Scheide-	96
Ti = Titan	346. 349	Todtbrennen des Kalks	—	—, Verdrängungs-	96
Ti = 2 Atome Titan	142	Tödtliches Gas = Stick-	—	—, Wasserbad-	389
Ti = Titanorydul	343	stoff	—	Trifolium pratense,	36
Ti = Titanoryd	296	Todtligendes	—	Aschenbestandtheile	36
Ti = Titansäure	256	—, Boden des	—	Trimorphie	48
Ti = Schwefeltitan	349	—, rothes	—	Tripelsalze	213
Ziegel f. Schmelztiegel	296	—, weißes	—	Tripshylin	181
Ziegelzangen	296	Tollkirische (Atropa Bellad.)	—	Tripshureet	127
Zinkal = roher Borax	296	299. 350	—	Tritionsäure	50
Zinctur, Curcuma-	296	Tonkalkampher	324	Tritoryd	604
—, Galläpfel = Aus-	296	Topaß	217	Trodenfäule des Holzes	7
zug der G. mit Wein-	296	Töpferthon	534	—, Litteratur	604
geist	296	Toppf, Papin'scher	74	Trodenofen	77
—, Indigo-	346. 349	Torf	366. 549	Troden Destillation	91. 375
—, Iod-	142	—, Bagger-	366	Troden	77
—, Lackmus-	343	Torfbenutzung, Literatur	8	— bei Luftabschluß	77. 108. 130. 444
Zinte	296	Torfbetrieb, Literatur	—	— der Gase	83
Thion = Schwefel	296	Torfbildung	366. 549	— des Holzes	412. 605
Titan	12. 13	—, Literatur	8	— durch Chlorcalcium	77. 444
Thomsonit	217	Torfboden	547	— durch Schwefel-	—
Thon	216. 252. 533	Torf, Brennwerth, Litteratur	5	säure	77. 130. —
— als Bodenbestand-	533. 535. 536	ratur	5	Trodner Weg-	54
Thonboden	526. 535. 563. 565. 583				
—, humusreicher	566				
—, kalkiger	—				
—, mergeliger	—				
—, sandiger	—				
Thoneisenstein	258				

	Seite		Seite		Seite
Erona = anderthalb-		Untergrund, leetiger	567	Variolarin = Drzin	342
kohlen-saures Natron		—, Kaseisenstein als	—	+ Ve = Beratrin (Alka-	
Tropfstein	245	—, sandiger	—	loid)	
Trübung	63	—, steiniger	—	Vegetabilisches Alkali =	
Tubulirter Helm	78	—, thoniger	—	Kali	221
Tubulirte Retorte	81	Unterharz, = nähere Be-		— Laugensalz = Kali —	
Tubulus	—	standtheile der Harze		Vegetation, Einfluß auf	
Tuch, Colir-	94	nach Bonastre.		die Luft	473
—, Seih-	—	Unterlage, Boden- f. Un-		—, auf Luft-	480
Tungsteinmetall = Wolf-		tergrund	49	feuchtigkeit	480
ram	12. 13	Untercoryd	120	—, auf Luft-	490
Turkis	213	Untersalpetersäure	99	wärme	490
Turmalin	215. 216	Untersalz	127	— der Elef-	438
U = Uran	34	Unterschwefelsäure	347	tricität auf	438
U = 2 Atome Uran		—, Indigblau-	127	auf des Oxydes	131. 473
Ü = Uranorydul		Unterschweflige Säure	168	— des Lichtes	483
Ü = Uranoryd		Untersuchung, chem. 11.	100	auf	483
Ü = Uranoryd		Unze	50. 52	— der Kälte	480
Ü = Traubensäure	284	Ür als Endsyble, Bedeu-	12. 13	auf	504
Überbrühen	74	tung	208	— der Kunst	131
Überchlorige Säure	140	Uran	213	auf	478
Übergangsgebirge	503	Uranblüte	171	— des Schwe-	478
—, Bildung f. Grau-		Uranocker	210	fels auf	478
wachengruppe	508	Uranpfefferz	502	— des schwe-	479
Überramangan-saures Kali	49	Uranvitriol	448	felsauren Kaltes auf	479
Überoryd	50	Urao = anderthalb koh-	503	— der Wärme	495
Überfäure	467	len-saures Natron	12	auf	493
Überwallung		Urgebirge	447	— der Winde	480
Überzug, platinartiger		Urkalz = Kalz des Ur-	448	auf	471
des Kupfers und Mess-		gebirges	448	— Lichtentwicklung	471
sings	158	Urmaterie	448	bei derf.	396
—, wachartiger der		Urstoffe = Elemente	448	— Wärmeentwicklung	16
Blätter und Früchte	320. 348	Urzeugung	—	—, Kennzei-	17. 25
Uhrgläser	75	—, bedingte	—	—, binäre	41
Ul = Ulminsäure	372	—, unbedingte	—	—, chemische, Ein-	40
Ulmate		Utensilien, Gemische 54—	100	theilung	—
Ulmholz, Aschenbestand-		Üv = U = Trauben-		—, Romen-	49
theile	387	säure	284	clatur	41
Ulmrinde, Aschenbe-		Uvicum acidum	—	Verbindungen dritter	—
standtheile	—	V = Vanadium oder	34	Ordnung	—
—, Gerbstoffgehalt	290	Vanadin	—	—, elektronegative	40
Ulmicum acidum	372	— = Vanadinsuboryd	—	—, elektropositive	41
Ulmic	—	— = Vanadinoryd od.	—	—, erster Ordnung	268
Ulminsäure Salze	368	vanadinige Säure	—	—, organische	2
Umbra, Kölnische	632	— = Vanadinsäure	—	—, Literatur	40
Umfassen der Reiler	155	— = Zweifachschwefel-	—	—, quaternäre	—
Umedle Metalle	327	vanadin	—		
Ungarischer Serpentin	11	— = Dreifachschwefel-	—		
Ungleichartige Theile	140	vanadin	—		
Unterchlorige Säure	499	— = Valerian- oder Val-	—		
Untergrund	566	driansäure	291		
—, Bestandtheile	567	Valoneae	12. 13		
—, Einfluß auf Bo-	—	Vanadin	202		
denbestandtheile	—	Vanadinblei	342		
—, felfiger	—	Variolaria dealbata	343		
—, felfiger	—	— orcina	—		
—, lehmiger	—				

Seite	Seite	Seite
Verbindungen, zweiter	Verkohlungsprodukte, flü-	Bitriol, Kupfer-
Ordnung 40	sige aus Reilern 625	—, Mangan- 210. 265
Verbrennung 103	Vermoderung 367	—, Nordhäuser 130
— der Metalle 157. 159	Verpuffung 18. 63	—, rauchendes —
— im Wasser 221. 234	Verquickung 168	—, sächsisches —
Verbrennungsapparat	Verstärkung f. Absorp-	—, weißes = eng-
für organische Analysen	tion	lische Schwefelsäure —
Fig. 102 272	Verseifung 318	Bitriol, rother 210
Verbrückung der Rei-	Versuch, Gemischer 14	Bitriolsäure = Schwef-
lerstätte 626	Verwandtschaft —	felsäure 128
Verdampfen 75	—, Abänderung der 24	Bitriol, Uran- 210
Verdrängung 58	—, Arten der 14	—, weißer = Zink-
— der Gase aus Flüss-	—, Contact- 15	vitriol —
sigkeiten 83	—, einfache 12	—, Zink- —
Verdrängungstrichter 58	—, einleitende 16	Bivianit 213
Verdunstung 75	—, Gesetze der 19. 24	Bogefensäure = Trau-
Verglasung 37	—, inductive 16	benensäure —
Verhalten, Gemisches 14	—, katalytische 15	Bogelbeersäure = Äpfel-
Verfitten 92	—, mischende 14	säure 285
Verknüpfen 77. 88	—, prädisponirende 15	Bogelleim 327
Verkohlung des Holzes	Verwandtschaftstafel der	Bolumtheorie 29
622 f. auch trockne De-	Säuren auf nassem Wege 194	Vorbereitende Verwandt-
stillation 375	— auf trock-	schaft 15
—, Arten 625	nem Wege 198	Vorbereitung des Chemi-
—, Aus-	— der Basen auf nas-	schen Processes 54
beute bei 622. 641 (2) 642	sem Wege 196	—, Wolfsche 78
—, Form des Holzes	Verwandtschaft, vorberei-	—, Wolfische 81
zur 624	tende 15	Vorstellungen 512
— des Holzes, Sah-	—, Wahl- —	
reszeit zur —	—, doppelte —	
des Holzes in Cy-	—, einfache —	
lindern 651	—, wechselseitige 24	
— in Gru-	Vertilgung von Gerüchen	W = Wolfram 12. 13
ben 655	100. 121	W = Wolframoryd
— in Hau-	Verwesung 356. 363	oder wolframige Säure
fen 635	— des Alkohols —	W = Wolframsäure
— in lie-	— der Fette 357	W = Zweifachschwefel-
genden Werken —	— der Harze —	wolfram
— in Rei-	— der Holzfasern 365	W = Dreifachschwefel-
lern 625	— des Weingeistes f. —	wolfram
— in Öfen 642	Alkohol 363	Wachholderbeeren, Be-
— in Öfen, —	Verwitterung 19. 192	standtheile, nähere 438
gemauerten 643	— der Gebirgsarten 514	Wachholderbranntwein
— in Öfen, —	—, Lang- 516	674. 676
mit Luftzutritt 652	—, samkeit ders. 77	Wachholderharz 328
—, Lite-	— der Salze 218	Wachholderöl 322
ratur 6. 7	Resuvian 48	Wachholderwein 674
—, Ort 327	Wierfachbasische Salze 327	Wachs 318. 320
zur 624	Viscum album, Aschen-	Wachsartiger Überzug
—, Zweck —	bestandtheile 357	der Blätter und Früchte —
der 622	Wittrification = Ver-	Wachs, Bienen- —
Verkohlungskasten 645	glasung 37	Wachsfässer 76
Verkohlungsmethode, ita-	Bitriol 210	Wachsfitt 92
lienische 634	—, blauer = Kupfer-	Wachskiefernde Blüten 436
Verkohlungsöfen, Cha-	vitriol —	Wachs, Pflanzen- 320
beauffißere's 653	—, Blei- —	Wachsthum der Pflanzen,
—, gemauerten 643	—, Eisen-, grüner 210. 257	Literatur 4
— mit Luftzutritt 653	—, rother 210	Wade 529
— Schwarz's 655	—, grüner 210. 257	Wadeboden —
	—, Kobalt- 210	Wagnerit 213



	Seite		Seite		Seite
Werke, liegende, Feuer-		Wurzel, Aschenbestand-		Zerlegungsprodukte der	
haus der	636	theile	386	Holzfasern	301. 369
—, Kopf der	—	Wurzelcochenille	341	Zerlegung stickstofffreier	
—, Segel der	—	Wurzel, Aufsaugung	458	Körper an der Luft	358
Wermuthbitter	333	—, Function	—	— stickstoffhaltiger Kör-	
Wermuthöl	323	Wurzelrindenbitter	—	per an der Luft	—
Werkzeuge, chemische	54—98	Phlorrhizin	334	Zerstampfen	55
Westwinde	496	Wurzelrost	565	Zerstörung	17
Wetter	497	Wurzelsüß	336	— der Gerüche	100. 121
—, böse = Sumpfluft	124	Wurzel, Verhalten zur		Zeugung, mütterlose	447
—, matte = Stic-		Luft	461	—, Samen-	448
stoff	110	Xanthophyll	340	—, Ur-	447
—, saure	122	Xylit	377	— bedingte	448
—, schlagende	124	Xyloidin	300. 303	— unbedingte	—
—, sticende	122	Y = Yttrium	34	Ziehen der Kohlen	633
Wickensame, Aschenbe-		Y = Yttererde		Zimmtsaure	288
standtheile	389	Ypser Kiesel	89	Zink	12. 13
Winde,	495	Ytterspath	213	Zinkblende	182
—, Berg-	496	Yttrium	12. 13	Zinkvitriol	210
—, Einfluß auf Luft-		Yttrocercit	205	Zinn	12. 13
feuchtigkeit	488			Zinnfies	182
—, Einfluß auf Luft-				Zinnober	—
temperatur	490			Zinnstein	171
—, Einfluß auf Wald-				Zirkon	12. 13
vegetation	495	Fähigkeit des Holzes	407	Zitronen u. s. G.	
—, Entfischung	—	Zahlen, stöchiometrische		Zitterpappelrinde, Gerb-	
—, Nord-	496	— Mischungs- und		stoffgehalt	290
—, Ost-	—	Atomgewichte	26. 680	Zn = Zink	34
—, Passat-	495	Bange, Feuer- f. Kiesel-		Zn = Zinkoxyd	
—, Süd-	496	gange	91	Zn = Schwefelzink	
—, West-	—	—, Lößrohr-	71	Zoochemie	10
—, Wirbel-	—	—, Kiesel-	91	Zr = Zirconium	34
Windöfen	65. 67	Zc f. Zn		Zr = 2 Atome Zirco-	
Wirbelwinde	496	Zeagonit	217	nium	
Wismuth	12. 13	Zeichen der Elemente	33	Zr = Zirkonerde	
Wismuthglanz	182	— der Verbindungen	34	Zubrennen der Weiler	632
Wismuthocker	172	— mineralogisch-ge-		Zucker	315
Wittherit	208	mische	35	—, Absterben des	38
Witterung	497	Zellensubstanz	300	— ahorn, Literatur	8
—, Einfluß der Ge-		Zellstoff	300	—, Birken-	673
birge auf	489	Zellulose	—	—, Literatur	8
—, Einfluß der Wäl-		Zeolithen	218	— busch	671
der auf	—	Zerfallen	19	—, Candis-	315
Wolfcam	12. 13	Zerfließen	19. 77	—, Farin = letzte	
Wolfcamocker	172	Zerkleinern der Metalle	55	Krystallisation des Zuk-	
Wolfsmilch f. Euphor-		— der Naturkörper	54	kersyrups	
bia	341	— harter Mineral-		—, Frucht-	316. 317
Wollen	105. 487	Körper	89	—, gährungsfähiger	315
Wolkenelektricität	492	Zerlegung, chemische	17	—, gährungsunfähi-	
Wolkenregion	488	Zerschneiden der Mate-		ger	—
Wonneluft	—	rialien	55	—, gemeiner	315 (2)
Wonnegas	—	Zerfegung, chemische	17	—, Gersten-	315
stoffordul	116	—, Gesetze der	23	— haltige Pflanzen-	
Woolfsche Flasche	81	— organischer Körper		säfte, Bearbeitung der	671
Woolfscher Apparat	—	an der Luft	356	—, Fut-	315
Wunderbaumsamenöl	—	— organischer Körper		—, Kandis-	—
Ricinusöl	319. 678 (2)	durch Wärme	375	—, Krümel-	317 f.
Würfelsalpeter	—	— organischer Körper		auch Stärkezucker	379
petersaures Natron	237	durch Wärme nebst			
		Luft und Wasser	—		



	Seite		Seite		Seite
Zucker, Ranna-	317	Zugofen	65. 67	— Kalkerde	244
—, Milch-	—	Zünden angehäufter	—	— Magnesia	249
—, Roh-	315	Stoffe	106	— Kalkerde f. Mag-	—
—, Rohr-	—	— der Asche	664	— nesia	—
— rohr, Aschenbestand-	—	— des Bliges	494	Zweifachborarsaures Kali	292
theile	388	Zünder	41	Zweifachphosphorsaurer	—
—, Schleim-	315	Zündmaschine, Platin-	108	Kalk	246
—, Schwamm-	317	Zündröhre der Meiler	629	Zweifachschwefelsaures	—
Zuckerschwefelsäure	313	Zuschläge	89	Kali	224
Zucker, Stärkmehl-	317	Zweibafige Säuren	44	Zweifachweinsaures Kali	283
—, Süßholz-	336	Zweifachborarsaures Ka-	—	Zweifäurige Basen	45
— syrup, holländischer	316	tron	237	Zwillingsfalze	48
—, Trauben-	317 f.	Zweifachkohlsaure Bit-	—	Zymom	354
auch Stärkezucker	379	tererde	249		

### N a c h t r a g.

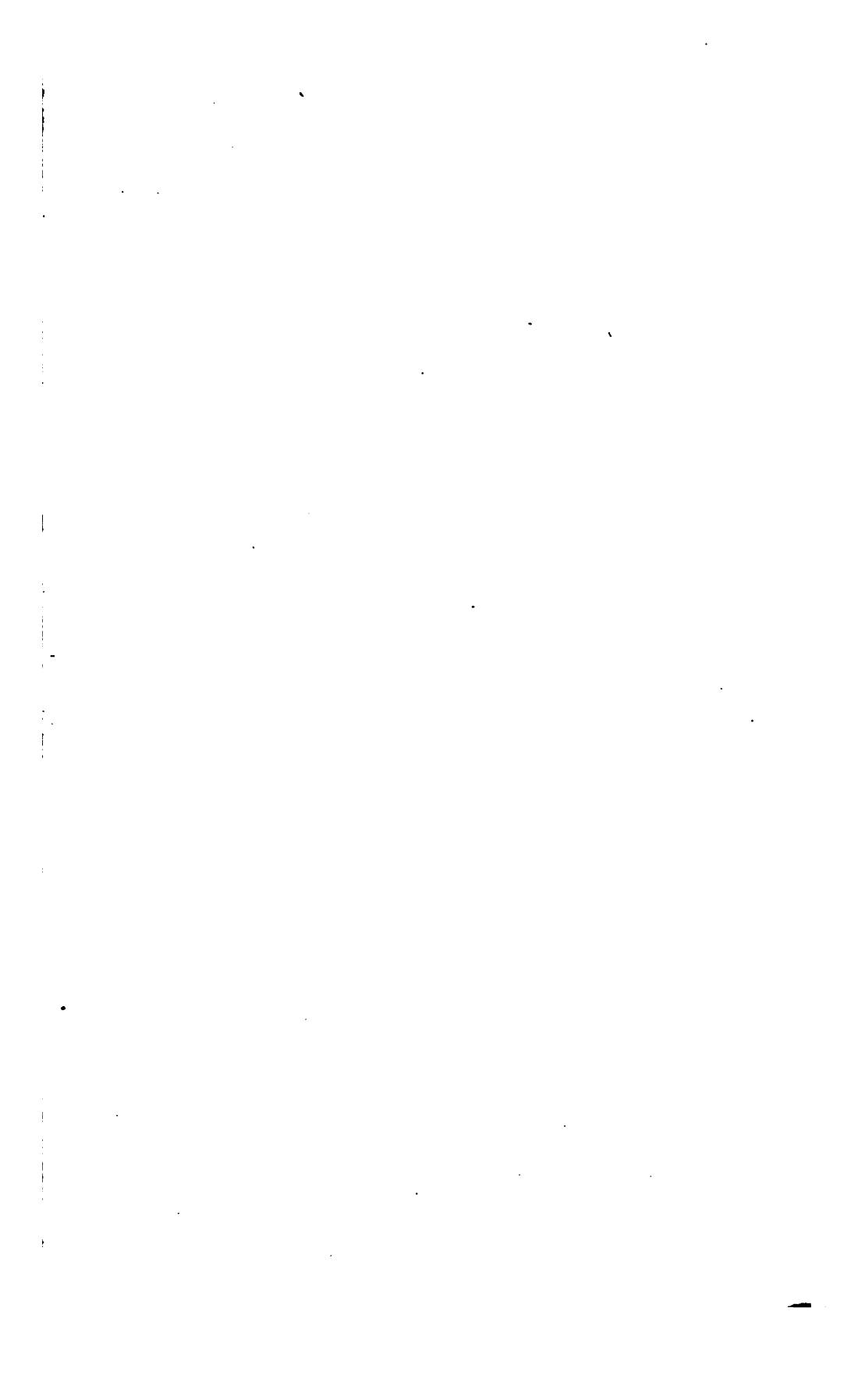
Zu S. 367. und 368. Göppert hat künstlich braun- und steinkohlenartige Produkte auf nassem Wege erhalten. Vgl. Poggendorff's Ann. d. Phys. u. Chem. 72. 1847. S. 174.

Zu S. 590. Im Rheinschlamm (bei Emmerich) fand Müller 17,05 Kiesel-erde, 55,50 Thonerde, 15,65 Eisenoryd, Spuren von Manganorydul, 4,60 kohlen- saure Kalk-erde, 2,10 kohlen- saure Kalkerde, Spuren von Kali und Ammoniak, 2,05 Humus- säure und stickstoffhaltige organische Materie und 3,05 Wasser.

S. 668 Z. 17 von oben statt unnöthig lies nöthig.

S. 668 Z. 18 von oben statt ägendem lies kohlen- saurem.

S. 668 Z. 21 von oben und folgende bedeuten die Zahlen kohlen- saures Kali.







3 2044 102 817 327

